

SKRIPSI

**PENURUNAN TSS DAN COD PADA LIMBAH CAIR
INDUSTRI TAHU MENGGUNAKAN
ELEKTROKOAGULASI KONFIGURASI BIPOLAR ALIRAN
KONTINYU**

(Studi Kasus : Limbah Industri Tahu Di Kelurahan Tunggulwulung Kota Malang)



Oleh :

ISMID ACHMAD

06.26.009

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG**

2011

1993

REKAMANSI DAN DATA KEMAHISAN
INDUSTRI DAN MENGENAL

ILKTRONIKA KONGRESI BINA BANGUNAN

KONTRAK

(Studi Kasus : Instalasi Listrik Di Kawasan Industri)

REKAMANSI
INDUSTRI
KEMAHISAN

01/01/93

01/01/93

ISMID ACHMAD

JURUSAN TEKNIK LISTRIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

MALANG

1993

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**PENURUNAN TSS DAN COD PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI
TAHU MENGGUNAKAN ELEKTROKOAGULASI KONFIGURASI
BIPOLAR ALIRAN KONTINYU
(Studi Kasus: Limbah Industri Tahu Di Kota Malang)**

Disusun Oleh :
ISMID ACHMAD
06.26.009

Dosen Pembimbing I



Evy Hendrianti, ST. MMT
NIP. Y. 1030300382

Dosen Pembimbing II



Hardianto, ST. MT
NIP. Y. 1030000350

Mengetahui



Ketua Jurusan Teknik Lingkungan

Candra Dwi Ratna, ST. MT
NIP. Y. 1030000349



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN SKIRPSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

NAMA : ISMID ACHMAD
NIM : 06.26.009
JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN
JUDUL : PENURUNAN TSS DAN COD PADA LIMBAH CAIR
INDUSTRI TAHU MENGGUNAKAN ELEKTROKOAGULASI
KONFIGURASI BIPOLAR ALIRAN KONTINYU (Studi Kasus:
Limbah Industri Tahu Di Kelurahan Tunggulwulung Kota Malang)

Dipertahankan di hadapan Tim Penguji Ujian Skripsi jenjang Program Strata Satu
(S1)

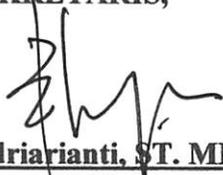
Pada Hari : Rabu
Tanggal : 23/02/2010
Dengan Nilai : B⁺ (77,65)

PANITIA UJIAN SKRIPSI

KETUA,


Candra Dwi Ratna, ST. MT
NIP. Y. 1030000349

SEKRETARIS,


Evy Hendriarianti, ST. MMT
NIP. Y. 1030300382

PENGUJI I,


Candra Dwi Ratna, ST. MT
NIP. Y. 1030000349

PENGUJI II,


Anis Artivani, ST. MT
NIP. P. 1030300384-

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Industri Tahu.....	5
2.1.1. Bahan Produksi Tahu.....	5
2.1.2. Proses Produksi Tahu	6
2.2 Limbah Cair Industri Tahu	9
2.2.1. Baku Mutu Limbah Cair Industri Tahu	10
2.3.2. Dampak Limbah Cair Industri Tahu.....	10
2.3.3. Biological Oxygen Demand (BOD)	11
2.3.4. Chemical Oxygen Demand (COD).....	11
2.3.5. Total Suspended Solid	12
2.3.6. pH	13
2.3 Elektrokuagulasi	13
2.3.1. Mekanisme Dalam Elektrokoagulasi	14

2.3.2.	Pelarutan Logam Di Elektroda.....	18
2.3.3.	Reaksi di Elektroda	20
2.3.4.	Reaktor Elektrokoagulasi Bipolar.....	21
2.3.5.	Proses Pengadukan Cepat Dengan Elektroda	23
2.3.6.	Proses Pengadukan Lambat	29
2.3.7.	Proses Sedimentasi	30
2.4	Metode Pengolahan Data	32
2.4.1.	Statistik Deskriptif dan Inferensi	32
2.4.2.	Analisa Korelasi.....	33
2.4.3.	Analisa Regresi	34
2.4.4.	Pengantar Desain Eksperimen	34
2.4.4.1.	Langkah-Langkah Dalam Desain Eksperimen.....	24
2.4.4.2.	Analisa of Variance.....	35
BAB III	METODELOGI PENELITIAN	36
3.1	Kerangka Penelitian	36
3.2.	Ide Studi	37
3.3.	Studi Literatur	37
3.4.	Variabel Penelitian.....	37
3.5.	Alat dan Bahan.....	38
3.5.1.	Alat-Alat Penelitian.....	38
BAB IV	ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	41
4.1.	Karakteristik Limbah Industri Tahu.....	41
4.2.	Analisis Deskriptif	42
4.2.1.	Analisis Deskriptif COD	42
4.2.2.	Analisis Deskriptif TSS.....	44
4.3.	Analisis Korelasi.....	46

4.3.1.	Analisis Korelasi Persentase Penyisihan COD Dengan Waktu Operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran	46
4.3.2.	Analisis Korelasi Persentase Penyisihan TSS Dengan Waktu Operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran	47
4.4.	Analisis Regresi	49
4.4.1.	Analisis Regresi Persentase Penyisihan COD Dengan Waktu Operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran	50
4.4.2.	Analisis Regresi Persentase Penyisihan TSS Dengan Waktu Operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran	52
4.5.	Analisis Anova	54
4.5.1.	Analisis Anova Persentase Penyisihan COD Dengan Waktu Operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran	54
4.5.2.	Analisis Anova Persentase Penyisihan TSS Dengan Waktu Operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran	56
4.6.	Pembahasan Pengolahan Limbah Cair Menggunakan Elektrokoagulasi Konfigurasi Bipolar	57
4.6.1.	Pengaruh variasi kecepatan putaran dan waktu operasi Terhadap Penyisihan Konsentrasi COD.....	57
4.6.2.	Pengaruh variasi kecepatan putaran dan waktu operasi Terhadap Penyisihan Konsentrasi TSS	60
BAB V	PENUTUP	63
5.1.	Kesimpulan.....	63
5.2.	Saran.....	63

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel. 2.1. Baku Mutu Limbah Cair Industri Tahu Berdasarkan Kepgub Jawa Timur No. 45 Tahun 2002.....	10
Tabel. 4.1. Hasil Analisis Awal Limbah Industri <i>Tahu</i>	39
Tabel. 4.2. Data Konsentrasi Akhir COD	40
Tabel. 4.3. Data Persentase Penyisihan Akhir COD	41
Tabel. 4.4. Data Konsentrasi Akhir TSS	42
Tabel. 4.5. Data Persentase Penyisihan Akhir TSS.....	43
Tabel. 4.6. Analisis Korelasi Antara % Penyisihan COD Dengan Waktu Operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran	44
Tabel. 4.7. Analisis Korelasi Antara % Penyisihan TSS Dengan Waktu Operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran.....	45
Tabel. 4.8. Analisis Regresi Antara % Penyisihan COD Dengan Variasi Kecepatan Putaran dan Waktu operasi.....	48
Tabel. 4.9. Analisis Regresi Antara % Penyisihan TSS Dengan Variasi Kecepatan Putaran dan Waktu Operasi.....	50
Tabel. 4.10. Uji Anova % Penyisihan COD Terhadap Variasi Kecepatan Putaran (rpm).....	52
Tabel. 4.11. Uji Anova % Penyisihan COD Terhadap Variasi Waktu Operasi (menit).....	53
Tabel. 4.12. Uji Anova % Penyisihan TSS Terhadap Variasi Kecepatan Putaran (rpm).....	54
Tabel 4.13. Uji Anova % Penyisihan TSS Terhadap Variasi Waktu Operasi (menit).....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar.2.1. Limbah Cair Industri Tahu (Gambar limbah cair tahu di Kelurahan Tunggulwulung, Malang)	9
Gambar.2.2. Skema Zat Padat.....	12
Gambar.2.3. Diagram Venn	14
Gambar.2.4. Diagram alir IPAL konvensional dan unit yang dapat digantikan oleh Elektrokoagulasi	15
Gambar.2.5. Mekanisme dalam elektrokoagulasi	17
Gambar.2.6. Reaktor elektroda dengan konfigurasi <i>bipolar</i>	22
Gambar.2.7. Skema Reaktor Elektrokimia	23
Gambar.2.8. Diagram distribusi Al-H ₂ O untuk mononuklear	25
Gambar.2.9. Diagram kelarutan dari Aluminium hidroksida	25
Gambar.2.10. Tipe Turbine	26
Gambar.2.11. Tipe Padell.....	27
Gambar.2.12. Tipe propeller	27
Gambar.3.1. Kerangka Penelitian	36
Gambar.3.2. Reaktor Penelitian	40
Gambar.4.1. Grafik Hubungan Waktu Operasi Terhadap % Penyisihan COD	41
Gambar.4.1. Grafik Hubungan Waktu Operasi Terhadap % Penyisihan TSS.....	43

KATA PENGANTAR

Penulis panjatkan puji syukur kehadirat *Allah SWT*, atas rahmatnya sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan Skripsi dengan judul Penurunan COD Dan TSS Pada limbah Cair Industri Tahu dengan Menggunakan Elektrokoagulasi Konfigurasi Bipolar Aliran Kontinyu tepat pada waktunya, yang disusun berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan.

Atas tersusunnya laporan Skripsi ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Ibu Evy Hendriaryanti, ST. MMT selaku Dosen pembimbing pembuatan laporan skripsi ini.
2. Bapak Hardianto, ST. MT selaku Dosen pembimbing pembuatan laporan skripsi ini sekaligus kepala Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang.
3. Ibu Candra Dwiratna, ST. MT selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang sekaligus sebagai Dosen penguji laporan skripsi ini.
4. Teman-teman Jurusan Teknik Lingkungan dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian laporan skripsi ini.

Penulis menyadari sepenuhnya, bahwa dalam pembuatan laporan Skripsi ini banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu penulis membuka diri untuk menerima saran yang bersifat membangun dan berkenaan dengan penyusunan laporan ini.

Malang, Februari 2011

Penulis

Achmad, I., Hendriarianti, E., Hardianto ., 2010. Penurunan TSS dan COD Pada Limbah cair Industri Tahu Menggunakan Elektrokoagulasi Konfigurasi Bipolar aliran Kontinyu (Studi Kasus: Industri Tahu Di Kelurahan Tunggulwulung Kota Malang). Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

ABSTRAK

Pabrik tahu menghasilkan limbah yang dapat merusak lingkungan. Untuk itu diperlukan pengolahan yang efisien agar limbah pabrik tahu ini tidak merusak lingkungan disekitarnya. Air buangan pabrik tahu banyak mengandung bahan-bahan organik yang pada umumnya sangat tinggi. Salah satu teknik penglohan limbah cair industri tahu yaitu dengan metode elektrokuagulasi bipolar aliran kontinyu. Elektrokoagulasi merupakan proses koagulasi atau penggumpalan dengan tenaga listrik melalui proses elektrolisa untuk mengurangi atau menurunkan ion-ion logam dan partikel-partikel didalam air. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh parameter waktu dan kecepatan pengadukan pada proses elektrokoagulasi konfigurasi bipolar aliran kontinyu terhadap efisiensi penurunan TSS dan COD pada air limbah industri tahu.

Dalam penelitian ini variabel yang digunakan dalam pengolahan limbah cair industri tahu dengan elektrokoagulasi konfigurasi bipolar aliran kontinyu antara lain dengan tegangan elektrolisis 15 volt, 4 buah elektroda aluminium, waktu operasi (90 menit, 135 menit dan 180 menit), dan kecepatan pengadukan (200 rpm, 300 rpm dan 400 rpm).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi COD terbesar pada elektrokoagulasi konfigurasi bipolar aliran kontinyu dengan kecepatan putaran 400 rpm pada waktu operasi menit ke 180 sebesar 56,18 % atau konsentrasi penyisihan COD sebesar 4379,43 mg/l. Penurunan konsentrasi TSS terbesar pada elektrokoagulasi dengan dengan kecepatan putaran 400 rpm pada waktu operasi menit ke 180 sebesar 60,48 % atau konsentrasi penyisihan TSS sebesar 308,73 mg/l. Nilai konsentrasi COD terendah sebesar 3415,6 mg/l menunjukkan nilai tersebut belum memenuhi baku mutu limbah cair industri tahu. Sedangkan nilai konsentrasi TSS akhir terendah sebesar 367,13 mg/l, juga menunjukkan nilai tersebut belum memenuhi baku mutu limbah cair industri tahu.

Kata Kunci : COD, TSS, Elektrokoagulasi Bipolar, limbah Tahu

Achmad, I., Hendriarianti, E., Hardianto ., 2010. Removal Of TSS And COD In Wastewater Tofu Industry Using Electrocoagulation Of Bipolar Configuration With Continuous Flow (A Case Study On Wastewater Tofu Industry , Tunggulwulung village, Malang city). Thesis Environmental Engineering in National Institute of Technology Malang

ABSTRACT

Tofu industry produce waste that can damage the environment. Therefore necessary an efficient wastewater treatment of tofu industry so as not to damage the surrounding environment. Wastewater of tofu industry contains organic materials with high concentrations. One of the wastewater treatment in tofu industry using electrocoagulation of bipolar configuration with continuous flow. Electrocoagulation is the process of coagulation or clotting by electricity through a process of electrolysis to reduce or lower the metal ions and particles in water. This research aims to study the effect of time parameters and speed parameters in the process of electrocoagulation bipolar configuration continuous flow to efficiency reduction of TSS and COD on wastewater tofu industry.

In this research, the variables used in wastewater treatment of tofu industry by electrocoagulation bipolar configuration continuous flow among others, the electrolysis voltage of 15 volts, 4 pieces of aluminium electrodes, the operating time (90 minutes, 135 minutes and 180 minutes), and stirring speed (200 rpm, 300 rpm and 400 rpm).

The results of the experiment showed that the biggest removal of COD concentration by electrocoagulation bipolar configuration continuous flow with the rotation speed of 400 rpm at operation time to 180 minutes were 56,18% or removal of COD concentration were 4379,43 mg/l. The biggest removal of TSS concentration in the electrocoagulation process with the rotation of 400 rpm at operation time to 180 minutes were 60,48% or removal of TSS concentration were 308,73 mg/l. The lowest COD values were 3415,6 mg/l, showed the value hasn't meet the quality standards of wastewater tofu industry. While the final of TSS concentration values were 367,1 mg/l, also showed the value hasn't meet the quality standards of wastewater tofu industry.

Kata Kunci : COD, TSS, Bipolar Electrocoagulation, Wastewater Tofu

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tahu yang berasal dari kedelai merupakan makanan tradisional yang sudah lama di kenal di Indonesia. Proses pembuatan pada umumnya masih dikerjakan dengan cara sederhana, sehingga dalam proses itu masih banyak menghasilkan limbah, baik padat maupun cair. Limbah padat dihasilkan dari proses penyaringan bubur kedelai setelah dimasak yaitu berupa ampas tahu. Ampas tahu masih memiliki nilai gizi yang cukup tinggi sehingga banyak dimanfaatkan untuk pembuatan tempe gembus dan makanan ternak. Limbah cairnya dihasilkan dalam proses pencucian, perendaman dan pemasakan kedelai. Untuk air buangan yang berasal dari pemasakan memiliki nilai pencemaran yang tinggi. Dengan demikian air buangan ini harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan.

Air buangan industri tahu merupakan salah satu sumber pencemaran yang dapat merusak kualitas lingkungan. Berdasarkan penelitian Tygta (2010), air buangan proses produksi tahu di Kelurahan Tunggulwulung, Kota Malang mengandung TSS dan COD yang melebihi baku mutu limbah cair industri tahu yaitu sebesar 1065,3 mg/l untuk TSS dan 10394 mg/l untuk COD. Sedangkan baku mutu limbah cair industri tahu Berdasarkan Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 45 Tahun 2002, yaitu sebesar 100 mg/l untuk TSS dan 300 mg/l untuk COD. Untuk mengurangi pencemaran ini, maka diperlukan pengolahan limbah terlebih dahulu sebelum limbah tersebut dibuang ke sungai. Secara konvensional, pengolahan limbah cair industri tahu biasanya dilakukan secara biologis atau kimiawi. Saat ini telah dikembangkan metode baru untuk pengolahan limbah cair industri tahu yaitu teknik elektrokoagulasi, yang merupakan salah satu proses pengolahan limbah yang efisien, ekonomis, dan aplikatif. Metode elektrokoagulasi mempunyai dua konfigurasi yaitu monopolar dan bipolar.

Elektrokoagulasi merupakan metode pengolahan air secara elektrokimia dimana pada anoda terjadi pelepasan koagulan aktif berupa ion logam (biasanya aluminium atau besi) kedalam larutan, sedangkan pada katoda terjadi reaksi

elektrolisis berupa pelepasan gas hidrogen (Holt, Barton, Michell., 2004). Pada proses elektrokoagulasi akan terjadi pelepasan Al^{3+} dari pelat anoda sehingga membentuk flok $Al(OH)_3$ yang mampu mengikat zat organik yang merupakan partikel koloid bermuatan negatif (-) penyebab TSS dan COD yang tinggi pada limbah cair tahu.

Metode elektrokoagulasi mempunyai dua konfigurasi yaitu monopolar dan bipolar. Khususnya pada penelitian ini akan digunakan elektrokoagulasi bipolar. Elektrokoagulasi Bipolar adalah proses elektrokoagulasi dimana hanya satu elektroda yang dihubungkan dengan kutub positif (anoda) dan satu elektroda dihubungkan dengan dengan kutub negatif (katoda). Rangkaian seperti ini membuat reaktor elektrokoagulasi menjadi lebih sederhana dan mudah dalam perawatannya (Mollah, *et.al*, 2004).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengurangi beban pencemaran pada beberapa limbah dengan metode elektrokoagulasi dengan variasi-variasi seperti waktu operasi, rapat arus, dan turbiditas sesuai standar yang ditentukan. Variabel atau variasi yang paling efektif dari penelitian sebelumnya mendasari penelitian ini. Dalam penelitian Rohaitin.Anis (2007), variabel yang digunakan dalam pengolahan limbah rumah potong hewan (RPH) dengan elektrokoagulasi antara lain dengan tegangan elektrolisis (5,10,15 Volt), 2 dan 3 buah elektroda aluminium, waktu operasi (7, 11, 23 menit), dan kecepatan pengadukan 400 rpm. Variabel yang paling efektif dalam penelitian tersebut yaitu tegangan elektrolisis 15 volt, dengan 3 buah elektroda aluminium, waktu operasi 23 menit dan kecepatan pengadukan 400 rpm, mampu meremoval TSS dengan konsentrasi awal sebesar 1100 mg/l menjadi 598 mg/l, persen penurunan sebesar 58,4 %. Dan COD dengan konsentrasi awal sebesar 4400 mg/l menjadi 645 mg/l, persen penurunan sebesar 73,4 %.

Selain itu pada penelitian Ardhani dan Aristya Fitri (2007), variabel yang digunakan antara lain dengan tegangan elektrolisis (5,10,15 Volt), 2 dan 4 buah elektroda aluminium, waktu operasi (90 menit, dengan waktu pengambilan sampel setiap 10 menit), dan kecepatan pengadukan 400 rpm. Variabel yang paling efektif dalam penelitian tersebut yaitu tegangan elektrolisis 15 volt, dengan 4 buah

elektroda aluminium, waktu operasi 90 menit dan kecepatan pengadukan 400 rpm mampu meremoval TSS dengan konsentrasi awal 3910 mg/l menjadi 190 mg/l, penurunan sebesar 98 %. dan COD dengan konsentrasi awal 6670 mg/l menjadi 1510 mg/l, penurunan sebesar 80 %.

Berdasarkan dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan diatas direncanakan penelitian ini dengan menggunakan variabel atau variasi yang paling efektif dalam pengolahan beberapa limbah pada penelitian sebelumnya. Sehingga didapatkan variabel yang paling efektif untuk meremoval limbah cair tahu agar dapat dibuang ke alam tanpa mencemari lingkungan.

1.2. Perumusan Masalah

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode elektrokoagulasi konfigurasi bipolar dan masalah yang dirumuskan :

1. Seberapa besar tingkat penurunan konsentrasi COD dan TSS dengan menggunakan elektrokoagulasi bipolar aliran kontinyu.
2. Bagaimana pengaruh kecepatan putaran pada proses pengadukan dalam penurunan COD dan TSS pada limbah cair industri tahu.

1.3. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui tingkat penurunan konsentrasi COD dan TSS dalam limbah cair industri tahu dengan menggunakan elektrokoagulasi bipolar aliran kontinyu.
2. Untuk mengetahui pengaruh kecepatan putaran yang direncanakan dalam proses pengadukan pada elektrokoagulasi bipolar aliran kontinyu untuk penurunan COD dan TSS pada limbah cair industri tahu .

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian pengolahan limbah cair industri tahu dengan elektrokoagulasi bipolar adalah metode ini dapat dijadikan teknologi alternatif yang efisien, ekonomis dan aplikatif dalam pengolahan limbah cair.

1.5. Ruang Lingkup

1. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium
2. Sampel limbah yang digunakan adalah limbah cair industri tahu di kota Malang
3. Parameter yang dianalisis adalah TSS dan COD
4. Elektrokoagulasi menggunakan konfigurasi bipolar dengan aliran kontinyu.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Industri Tahu

2.1.1 Bahan Produksi Tahu

Tahu adalah gumpalan protein kedelai yang diperoleh dari hasil penyaringan kedelai yang telah digiling dengan penambahan air. Penggumpalan protein dilakukan dengan cara penambahan cairan baing atau garam-garam kalsium, misalnya kalsium sulfat. Pada pembuatan tahu diperoleh ampas dan cairan hasil penggumpalan tahu (whey). Bahan-bahan yang digunakan untuk proses produksi tahu antara lain (Sarwono dan Saragih, 2001) :

1. Kedelai

Bahan baku utama tahu adalah kacang kedelai. Tahu diproduksi melalui proses ekstraksi (penyaringan) protein kedelai dengan penambahan air, jadi jumlah dan mutu protein kedelai amat penting dipertimbangkan saat memilih bahan baku. Kedelai yang dijadikan bahan baku tahu sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Kedelai yang menjadi bahan baku tahu sebaiknya belum lama (baru) dipanen dan cukup umur.
- Kadar air kedelai maksimal 13 %. Bila kadar airnya mencapai 15 %, jamur mudah sekali tumbuh selama penyimpanan.
- Biji kedelai harus utuh karena enzim-enzim lipoksidase akan aktif bila pecah sehingga menyebabkan minyaknya tengik dan bau tahu kurang enak
- Kedelai harus bebas dari segala macam kotoran, seperti kerikil, pasir, atau sisa-sisa tanaman.

2. Penggumpal

Bahan penggumpal digunakan untuk mengendapkan protein dan larutan padat pada sari kedelai. Beberapa bahan penggumpal yang sering digunakan yaitu batu tahu atau sioko, asam cuka, biang tahu dan kalsium sulfat murni.

3. Perwarna

Ada dua jenis pewarna makanan, yakni pewarna alami dan pewarna sintetik. Pewarna alami tahu biasanya menggunakan ekstrak kunyit.

4. Air

Air biasanya digunakan untuk mendapatkan sari kedelai. Di dalam proses pembuatan tahu, air digunakan untuk perendaman, pencucian, penggilingan, perebusan, penyaringan dan penggumpalan.

2.1.2 Proses Produksi Tahu

Pembuatan tahu pada prinsipnya dengan cara mengekstraksi protein, kemudian mengumpulkannya sehingga terbentuk padatan protein. Adapun urutan proses produksi tahu adalah (Anonim, 2006) :

A. Perendaman

Pada tahapan perendaman ini, kedelai direndam dalam sebuah bak perendam yang dibuat dari semen. Langkah pertama adalah memasukan kedelai ke dalam karung plastik kemudian diikat dan direndam selama kurang lebih 3 jam (untuk 1 karung berisi 15 kg biji kedelai). Jumlah air yang dibutuhkan tergantung dari jumlah kedelai, intinya kedelai harus terendam semua. Tujuan dari tahapan perendaman ini adalah untuk mempermudah proses penggilingan sehingga dihasilkan bubur kedelai yang kental. Selain itu, perendaman juga dapat membantu mengurangi jumlah zat antigizi (Antitripsin) yang ada pada kedelai. Zat anti gizi yang ada dalam kedelai ini dapat mengurangi daya cerna protein pada produk tahu sehingga perlu diturunkan kadarnya.

B. Pencucian kedelai

Proses pencucian merupakan proses lanjutan setelah perendaman. Sebelum dilakukan proses pencucian, kedelai yang di dalam karung dikeluarkan dari bak pencucian, dibuka, dan dimasukan ke dalam ember-ember plastik untuk kemudian dicuci dengan air mengalir. Tujuan dari tahapan pencucian ini adalah membersihkan biji-biji kedelai dari kotoran-kotoran supaya tidak mengganggu proses penggilingan dan agar kotoran-kotoran tidak tercampur ke

dalam adonan tahu. Setelah selesai proses pencucian, kedelai ditiriskan dalam saringan bambu berukuran besar.

C. Penggilingan

Proses penggilingan dilakukan dengan menggunakan mesin penggiling biji kedelai dengan tenaga penggerak dari motor listrik. Tujuan penggilingan yaitu untuk memperoleh bubur kedelai yang kemudian dimasak sampai mendidih. Saat proses penggilingan sebaiknya dialiri air untuk didapatkan kekentalan bubur yang diinginkan.

D. Perebusan/Pemasakan

Proses perebusan ini dilakukan di sebuah bak berbentuk bundar yang dibuat dari semen yang di bagian bawahnya terdapat pemanas uap. Uap panas berasal dari ketel uap yang ada di bagian belakang lokasi proses pembuatan tahu yang dialirkan melalui pipa besi. Bahan bakar yang digunakan sebagai sumber panas adalah kayu bakar yang diperoleh dari sisa-sisa pembangunan rumah. Tujuan perebusan adalah untuk mendenaturasi protein dari kedelai sehingga protein mudah terkoagulasi saat penambahan asam. Titik akhir perebusan ditandai dengan timbulnya gelembung-gelembung panas dan mengentalnya larutan/bubur kedelai. Kapasitas bak perebusan adalah sekitar 7,5 kg kedelai.

E. Penyaringan

Setelah bubur kedelai direbus dan mengental, dilakukan proses penyaringan dengan menggunakan kain saring. Tujuan dari proses penyaringan ini adalah memisahkan antara ampas atau limbah padat dari bubur kedelai dengan filtrat yang diinginkan. Pada proses penyaringan ini bubur kedelai yang telah mendidih dan sedikit mengental, selanjutnya dialirkan melalui kran yang ada di bagian bawah bak pemanas. Bubur tersebut dialirkan melewati kain saring yang ada di atas bak penampung.

Setelah seluruh bubur yang ada di bak pemanas habis lalu dimulai proses penyaringan. Saat penyaringan secara terus-menerus dilakukan penambahan air dengan cara menuangkan pada bagian tepi saringan agar tidak ada padatan yang tersisa di saringan. Penuangan air diakhiri ketika filtrat yang dihasilkan

sudah mencukupi. Kemudian saringan yang berisi ampas diperas sampai benar-benar kering. Ampas hasil penyaringan disebut ampas yang kering, ampas tersebut dipindahkan ke dalam karung. Ampas tersebut dimanfaatkan untuk makanan ternak ataupun dijual untuk bahan dasar pembuatan tempe gembus/bongkrek.

F. Pengendapan dan Penambahan Asam Cuka

Proses penyaringan diperoleh filtrat putih seperti susu yang kemudian akan diproses lebih lanjut. Filtrat yang didapat kemudian ditambahkan asam cuka dalam jumlah tertentu. Fungsi penambahan asam cuka adalah mengendapkan dan menggumpalkan protein tahu sehingga terjadi pemisahan antara *whey* dengan gumpalan tahu. Setelah ditambahkan asam cuka terbentuk dua lapisan yaitu lapisan atas (*whey*) dan lapisan bawah (filtrat/endapan tahu). Endapan tersebut terjadi karena adanya koagulasi protein yang disebabkan adanya reaksi antara protein dan asam yang ditambahkan. Endapan tersebut yang merupakan bahan utama yang akan dicetak menjadi tahu. Lapisan atas (*whey*) yang berupa limbah cair merupakan bahan dasar yang akan diolah menjadi *Nata De Soya*.

G. Pencetakan dan Pengepresan

Proses pencetakan dan pengepresan merupakan tahap akhir pembuatan tahu. Cetakan yang digunakan adalah terbuat dari kayu berukuran 70x70 cm yang diberi lubang berukuran kecil di sekelilingnya. Lubang tersebut bertujuan untuk memudahkan air keluar saat proses pengepresan. Sebelum proses pencetakan yang harus dilakukan adalah memasang kain saring tipis di permukaan cetakan. Setelah itu, endapan yang telah dihasilkan pada tahap sebelumnya dipindahkan dengan hati-hati menggunakan alat semacam wajan. Selanjutnya kain saring ditutup rapat dan kemudian diletakkan kayu yang berukuran hampir sama dengan cetakan di bagian atasnya. Setelah itu, bagian atas cetakan diberi beban untuk membantu mempercepat proses pengepresan tahu. Waktu untuk proses pengepresan ini tidak ditentukan secara tepat, pemilik mitra hanya memperkirakan dan membuka kain saring pada waktu tertentu. Pemilik mempunyai parameter bahwa tahu siap dikeluarkan dari

cetakan apabila tahu tersebut sudah cukup keras dan tidak hancur bila digoyang.

H. Pemotongan tahu

Setelah proses pencetakan selesai, tahu yang sudah jadi dikeluarkan dari cetakan dengan cara membalik cetakan dan kemudian membuka kain saring yang melapisi tahu. Setelah itu tahu dipindahkan ke dalam bak yang berisi air agar tahu tidak hancur. Sebelum siap dipasarkan tahu terlebih dahulu dipotong sesuai ukuran. Pemotongan dilakukan di dalam air dan dilakukan secara cepat agar tahu tidak hancur.

2.2 Limbah Cair Industri Tahu

Limbah tahu adalah limbah yang dihasilkan dalam proses pembuatan tahu maupun pada saat pencucian kedelai. Limbah yang dihasilkan berupa limbah padat dan cair. Setiap kwintal kedelai akan menghasilkan limbah 1,5-2 m³ air limbah. Limbah yang dihasilkan adalah (Nurhasan & Bb. Pramudyanto, 1991) :

- Sisa air tahu yang tidak menggumpal
- Potongan tahu yang hancur pada saat proses karena kurang sempurnanya proses penggumpalan
- Limbah tahu keruh dan berwarna kuning muda keabu-abuan dan bila dibiarkan akan berwarna hitam dan berbau busuk

Bahan-bahan organik yang terkandung di dalam air buangan industri tahu pada umumnya sangat tinggi. Senyawa-senyawa organik di dalam air buangan tersebut dapat berupa protein, karbohidrat dan minyak.



Gambar 2.1. Limbah Cair Industri Tahu di Kelurahan Tunggulwulung, Kota Malang

2.2.1 Baku Mutu Limbah Cair Industri Tahu

Berdasarkan Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 45 Tahun 2002 tentang baku mutu limbah cair industri tahu dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Cair Industri Tahu
Berdasarkan Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 45 Tahun 2002

BAKU MUTU LIMBAH CAIR	
UNTUK INDUSTRI TAHU	
Volume Limbah Cair Maximum per satuan Bahan Baku 20 m ³ / ton berat kedelai	
Parameter	Kadar Maximum (mg/l)
BOD ₅	150
COD	300
TSS	100
pH	5 – 9

2.2.2 Dampak Limbah Cair Industri Tahu

Pengolahan limbah cair tahu sangat diperlukan karena sifat limbah, yaitu (Sarwono dan Saragih, 2001) :

- Limbah cair mengandung zat-zat organik terlarut dan padatan terlarut yang mengalami perubahan secara fisika, kimia, maupun hayati yang bisa menjadi media tumbuhnya kuman serta menimbulkan bau busuk.
- Suhu limbah air tahu rata-rata 40-60 °C. Suhu ini lebih tinggi dibandingkan suhu rata-rata air lingkungan. Pembuangan secara langsung tanpa proses dapat membahayakan kelestarian lingkungan hidup.
- Air limbah yang bersifat asam karena pada proses penggumpalan sari kedelai digunakan bahan penolong yang bersifat asam. Keasaman limbah dapat membunuh mikroba misalnya bakteri. Limbah berstatus aman jika diolah hingga mempunyai pH 6,5.

2.2.3. *Biological Oxygen Demand (BOD)*

Biological Oxygen Demand (BOD) atau kebutuhan oksigen biologis adalah suatu analisis empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi di dalam air. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasikan) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air.

Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan penduduk atau industri, dan untuk mendesain sistem-sistem pengolahan biologis bagi air yang tercemar tersebut. Penguraian zat organik adalah peristiwa alamiah; kalau sesuatu badan air dicemari oleh zat organik, bakteri dapat menghabiskan oksigen terlarut, dalam air selama proses oksidasi tersebut yang bisa mengakibatkan kematian ikan-ikan dalam air dan keadaan menjadi anaerobik dan dapat menimbulkan bau busuk pada air tersebut (Alaerts dan Santika, 1987).

2.2.4. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan atau mengoksidasi bahan organik secara kimia.

Ketuntungan tes COD dibandingkan tes BOD (Alaerts dan Santika, 1987) :

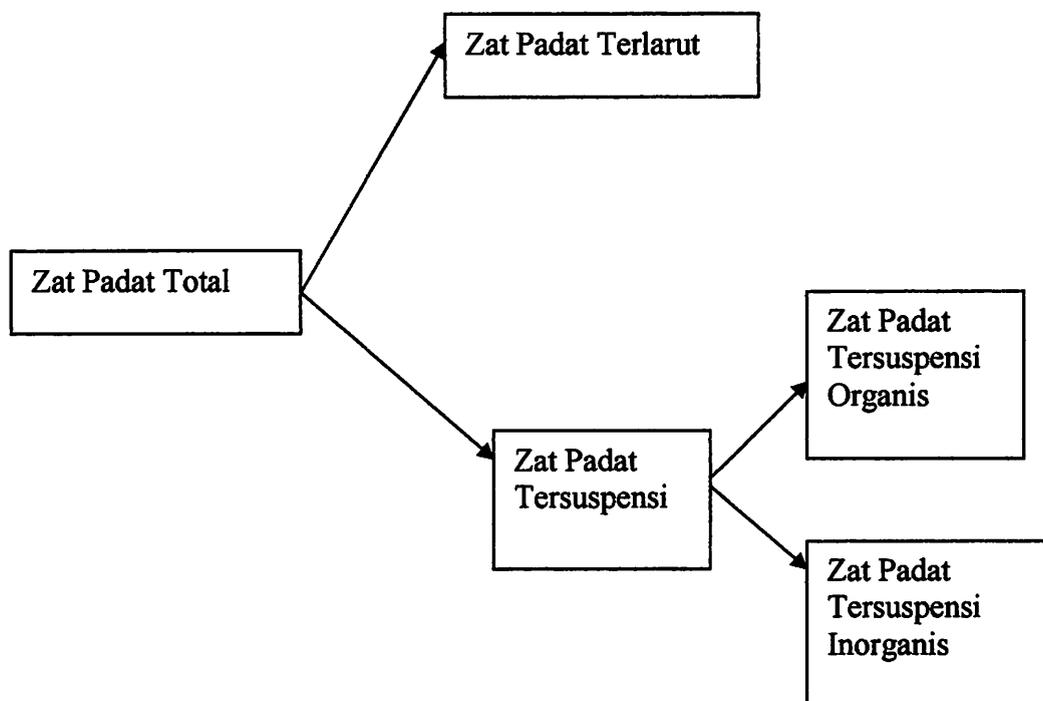
- Analisis COD hanya memakan waktu kurang lebih 3 jam, sedangkan analisis BOD₅ memerlukan 5 hari
- Untuk menganalisa COD antara 50 sampai 800 mg/l, tidak dibutuhkan pengenceran sampel sedang pada umumnya analisis BOD selalu membutuhkan pengenceran.
- Ketelitian dan ketepatan (reproducibility) tes COD adalah 2 sampai 3 kali lebih tinggi dari tes BOD
- Gangguan dari zat yang bersifat racun terhadap mikroorganisme pada tes BOD, tidak menjadi soal pada tes COD.

Kekurangan tes COD hanya merupakan suatu analisis yang menggunakan suatu reaksi oksidasi kimia yang menirukan oksidasi biologis (yang sebenarnya terjadi di alam), sehingga merupakan suatu pendekatan saja. Karena hal tersebut maka tes COD tidak dapat membedakan antara zat-zat yang sebenarnya tidak teroksidasi (inert) dan zat-zat yang teroksidasi secara biologis.

2.2.5. *Total Suspended Solid (TSS)*

Menurut Alaerts dan Santika (1987), dalam air alam ditemui dua kelompok zat, yaitu zat terlarut seperti garam dan molekul organis, dan zat padat tersuspensi dan koloidal seperti tanah liat dan kwarts. Perbedaan pokok antara kedua kelompok zat ini ditentukan melalui ukuran/diameter partikel-partikel tersebut.

Pengertian zat padat total adalah semua zat-zat yang tersisa sebagai residu dalam suatu bejana, bila sampel air dalam bejana tersebut dikeringkan pada suhu tertentu. Zat padat total terdiri dari zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi yang dapat bersifat organis dan inorganis seperti dijelaskan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Skema Zat Padat (Sumber : Alaerts dan Santika, 1987)

2.2.6. pH

pH selalu menunjukkan kadar asam atau basa dalam suatu larutan, melalui konsentrasi (sebetulnya aktivitas) ion hidrogen⁺. Ion hidrogen merupakan faktor untuk mengerti reaksi kimiawi dalam ilmu teknik penyehatan karena (Sumber : Alaerts dan Santika, 1987) :

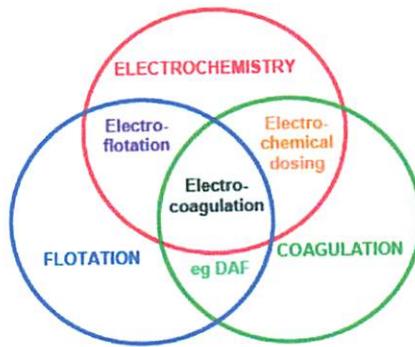
- H⁺ selalu ada dalam keseimbangan dinamis dengan air/H₂O, yang membentuk suasana untuk reaksi kimiawi yang berkaitan dengan masalah pencemaran air dimana sumber ion hidrogen tidak pernah habis.
- H⁺ tidak hanya merupakan unsur molekul H₂O saja tetapi juga merupakan unsur banyak senyawa lain, hingga jumlah reaksi tanpa H⁺ dapat dikatakan hanya sedikit saja.

Lewat aspek kimiawi, suasana air juga mempengaruhi beberapa hal lain, misalnya kehidupan biologi dan mikrobiologi. Peranan ion hidrogen tidak penting kalau zat pelarut bukan air melainkan molekul organik seperti alkohol, bensin (hidrokarbon) dan lain-lain.

2.3. Elektrokoagulasi

Elektrokoagulasi merupakan metode pengolahan air secara elektrokimia dimana pada anoda terjadi pelepasan koagulan aktif berupa ion logam (biasanya aluminium atau besi) kedalam larutan, sedangkan pada katoda terjadi reaksi elektrolisis berupa pelepasan gas hidrogen (Holt, Barton, Michell., 2002). Sedangkan menurut Mollah, *et al.*, (2004), elektrokoagulasi adalah proses kompleks yang melibatkan fenomena kimia dan fisik dengan menggunakan elektroda untuk menghasilkan ion yang digunakan untuk mengolah air limbah.

Diidentifikasi terdapat tiga proses mendasar yang terjadi dalam elektrokoagulasi yaitu elektrokimia, koagulasi dan flotasi. Ketiga proses ini dapat digambarkan dengan diagram Venn dimana kombinasi dari ketiganya menghasilkan teknologi elektrokoagulasi, sedangkan kombinasi yang lain menghasilkan teknologi yang berbeda.

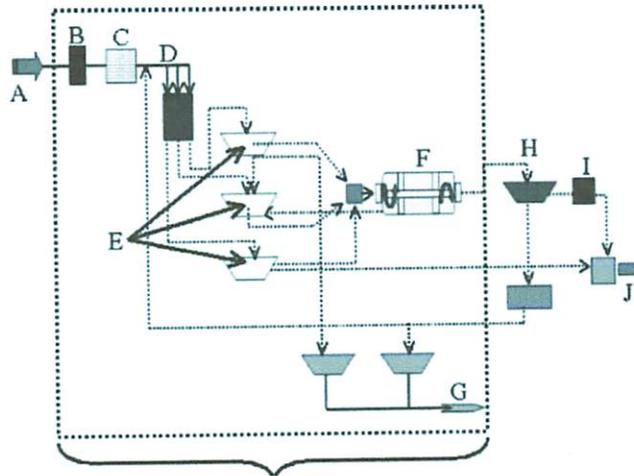


Gambar 2.3 Diagram Venn (Holt, Barton, Michell,2002)

Elektrokoagulasi bukan merupakan teknologi baru, dari literatur yang ada menunjukkan bahwa teknologi ini telah ditemukan lebih dari seratus tahun yang lalu. Contoh aplikasi yang ada misalnya adalah pada akhir abad 19, telah terdapat beberapa instalasi pengolahan air bersih yang cukup besar di London yang mempergunakan teknologi ini (Matteson *et al.*, 1995 dalam Holt, Barton, Michell, 2002). Sementara instalasi pengolahan lumpur secara elektrolisis dioperasikan di beberapa tempat di Amerika Serikat pada awal tahun 1911 yang memiliki ukuran yang serupa dengan instalasi pengolahan air limbah pada masa tersebut. Namun sejak tahun 1930-an semua instalasi tersebut tidak dioperasikan lagi dikarenakan biaya operasional yang tinggi dan adanya alternatif lain berupa penggunaan bahan kimia sebagai koagulan

Pada masa sekarang penggunaan teknologi elektrokoagulasi mulai dikembangkan kembali untuk meningkatkan kualitas effluen air limbah. Elektrokoagulasi digunakan untuk mengolah effluen dari beberapa air limbah yang berasal dari industri makanan, limbah tekstil, limbah rumah makan, limbah yang mengandung senyawa arsenik, air yang mengandung fluorida, dan air yang mengandung partikel yang sangat halus, bentonit dan kaolinit.

Pada sistem pengolahan limbah yang konvensional, reaktor elektrokoagulasi dapat menggantikan beberapa unit pengolahan sehingga menghasilkan instalasi pengolahan yang lebih sederhana dan tidak membutuhkan lahan yang luas (Holt, Barton, Michell, 2004).



Keterangan:

- | | |
|----------------------------------|----------------------------|
| A : Air limbah | F : <i>Oxidation Ditch</i> |
| B : <i>Bar screen</i> | G : Pengolahan lumpur |
| C : <i>Grit chamber</i> | H : <i>Clarifier</i> |
| D : Bak distribusi | I : Klorinasi |
| E : <i>Primary sedimentation</i> | J : Effluen |

Gambar 2.4. Diagram alir IPAL konvensional dan unit yang dapat digantikan oleh Elektrokoagulasi (Mollah, *et.al.*, 2004)

Untuk pertimbangan penentuan penggunaan elektrokoagulasi maka Mollah *et.al.*, (2004) telah memberikan gambaran tentang keuntungan dan kerugiannya. Keuntungan dari penggunaan elektrokoagulasi adalah sebagai berikut (Mollah *et.al.*, 2004) :

1. Elektrokoagulasi membutuhkan peralatan yang sederhana dan mudah dioperasikan.
2. Air limbah yang diolah dengan elektrokoagulasi menghasilkan effluen yang jernih, tidak berwarna, dan tidak berbau.
3. Lumpur yang dihasilkan elektrokoagulasi relatif stabil dan mudah dipisahkan karena terutama berasal dari oksida logam. Selain itu jumlah lumpur yang dihasilkan sedikit.
4. Flok yang terbentuk pada elektrokoagulasi memiliki kesamaan dengan flok yang berasal dari koagulasi kimia. Perbedaannya adalah flok dari elektrokoagulasi berukuran lebih besar dengan kandungan air yang sedikit, lebih stabil dan mudah dipisahkan secara cepat dengan filtrasi.

5. Elektrokoagulasi menghasilkan effluen yang mengandung TDS dalam jumlah yang lebih sedikit dibandingkan pengolahan kimiawi. Jika air hasil pengolahan ini digunakan kembali, kandungan TDS yang rendah akan mengurangi biaya recovery.
6. Proses elektrokoagulasi mempunyai keuntungan dalam mengolah partikel koloid yang berukuran sangat kecil karena dengan pemakaian arus listrik menyebabkan proses koagulasi lebih mudah terjadi dan lebih cepat.
7. Proses elektrokoagulasi tidak memerlukan pemakaian bahan kimia sehingga tidak bermasalah dengan netralisasi kelebihan bahan kimia dan tidak membutuhkan kemungkinan pengolahan berikutnya jika terjadi penambahan senyawa kimia yang terlalu tinggi seperti pada penggunaan bahan kimia.
8. Gelembung gas yang dihasilkan selama proses elektrolisis dan membawa polutan yang diolah untuk naik ke permukaan (flotasi) dimana flok tersebut dengan mudah terkonsentrasi, dikumpulkan dan dipisahkan.
9. Perawatan reaktor elektrokoagulasi lebih mudah karena proses elektrolisis yang terjadi cukup dikontrol dari pemakaian listrik tanpa perlu memindahkan bagian di dalamnya.
10. Teknologi elektrokoagulasi dapat dengan mudah diaplikasikan di daerah yang tidak terjangkau layanan listrik yakni dengan menggunakan panel matahari yang cukup untuk terjadinya proses pengolahan.

Sedangkan kerugian dari penggunaan elektrokoagulasi adalah Mollah *et.al.*, (2004):

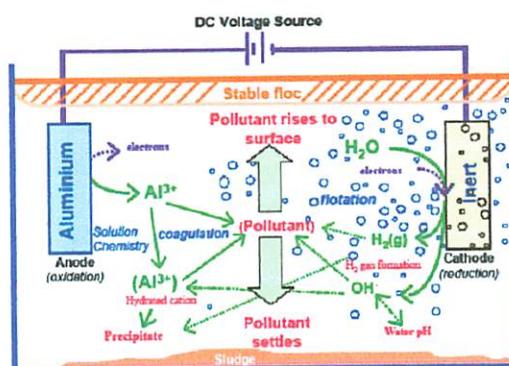
1. Elektroda yang digunakan dalam proses pengolahan ini harus diganti secara teratur.
2. Penggunaan listrik kadang kala lebih mahal pada beberapa daerah.
3. Terbentuknya lapisan di elektroda dapat mengurangi efisiensi pengolahan.
4. Teknologi ini membutuhkan konduktivitas yang tinggi pada air limbah yang diolah.
5. Hidroksida seperti gelatin cenderung *solubilize* pada beberapa kasus.

2.3.1 Mekanisme dalam Elektrokoagulasi

Reaktor elektrokoagulasi merupakan sebuah sel elektrokimia dimana kutub anoda yang berupa logam (biasanya aluminium atau besi) mengalami pelepasan ion, dimana ion logam yang terlepas berfungsi sebagai agen koagulan. Dan secara simultan terjadi gelembung gas hidrogen di kutub katoda.

Elektrokoagulasi mempunyai kemampuan untuk mengolah berbagai macam polutan termasuk padatan tersuspensi, logam berat, tinta, bahan organik (seperti air limbah domestik), minyak dan lemak, ion dan radionuklida. Karakteristik fisik kimia dari polutan mempengaruhi mekanisme pengolahan, misalnya polutan berbentuk ion akan diturunkan melalui proses presipitasi sedangkan padatan tersuspensi yang bermuatan akan diabsorpsi ke koagulan yang bermuatan. Kemampuan elektrokoagulasi untuk mengolah berbagai macam polutan menarik minat industri untuk menggunakannya.

Pada gambar 2.5. memperlihatkan proses elektrokoagulasi yang sangat kompleks. Dimana koagulan dan produk hidrolisis saling interaksi dengan polutan atau dengan ion yang lain atau dengan gas hidrogen.



Gambar 2.5. Mekanisme dalam elektrokoagulasi (Holt *et al*, 2002)

Menurut Mollah, *et al.*, (2004) mekanisme penyisihan yang umum terjadi di dalam elektrokoagulasi terbagi dalam tiga faktor utama, yaitu:

- Terbentuknya koagulan akibat proses oksidasi elektrolisis pada elektroda,
- Destabilisasi kontaminan, partikel tersuspensi dan pemecahan emulsi, dan
- Agregatisasi dari hasil destabilisasi untuk membentuk flok.

Sedangkan proses destabilisasi kontaminan, partikel tersuspensi dan pemecahan emulsi terjadi dalam tahapan sebagai berikut (Mollah, *et al.*, 2004):

- Kompresi dari lapisan ganda (double layer) difusi yang terjadi disekeliling spesies bermuatan yang disebabkan interaksi dengan ion yang terbentuk dari oksidasi di elektroda.
- Netralisasi ion kontaminan dalam air limbah dengan menggunakan ion berlawanan yang dihasilkan dari elektroda. Dengan adanya ion tersebut menyebabkan berkurangnya daya tolak menolak antar partikel dalam air limbah dan gaya van der Waals sehingga proses koagulasi bisa berlangsung.
- Terbentuknya flok, dimana flok ini terbentuk akibat proses koagulasi sehingga terbentuk *sludge blanket* yang mampu menjebak dan menjembatani partikel koloid yang masih ada di air limbah.

2.3.2. Pelarutan Logam di Elektroda

Pada percobaan elektrokoagulasi, elektroda yang digunakan selalu dihubungkan dengan sumber listrik DC. Jumlah logam yang larut tergantung pada jumlah arus listrik yang mengalir pada elektroda tersebut. Hukum Faraday membuat hubungan antara kuat arus (I) yang mengalir dengan jumlah massa yang terlepas ke larutan, hal ini merupakan pendekatan secara teoritis untuk menghitung jumlah aluminium yang terlepas ke larutan. Adapun rumus dari hukum Faraday adalah sebagai berikut (Sumber: Chang, 2002 dalam (Mollah, *et al.*, 2004)

$$: \quad m = \frac{I.t.MW}{Z.F} \quad (2.1)$$

Dimana:

- m = berat aluminium yang larut (g)
- I = kuat arus yang digunakan (A)
- t = waktu detensi (detik)
- MW = berat molekul aluminium, yaitu 27 g mol
- Z = valensi aluminium, yaitu 3

F = konstanta Faraday, 96500 C/mol

$$V = I \cdot R \quad (2.2)$$

Dimana:

V = Tegangan (Volt)

I = Kuat Arus (A)

R = Hambatan (Ω)

Jika menggunakan kerapatan arus (A/m^2) maka satuan dari m adalah (g/m^2) Dengan menggunakan persamaan tersebut kita dapat membandingkan antara jumlah logam yang larut secara teoritis dengan percobaan di lapangan. Seringkali diperoleh hubungan yang cukup baik antara hasil percobaan dengan teori.

Salah satu yang dapat menimbulkan ketidak tepatan pengukuran adalah tegangan/potensial yang digunakan pada reaktor elektrokoagulasi. Tegangan yang diukur merupakan gabungan dari tiga komponen (Mollah, *et al.*, 2004), yaitu :

$$\eta_{AP} = \eta_K + \eta_{Mt} + \eta_{IR} \quad (2.3)$$

Dimana:

η_{AP} = overpotensial yang digunakan (V)

η_K = overpotensial kinetik (V)

η_{Mt} = overpotensial konsentrasi (V)

η_{IR} = overpotensial yang disebabkan hambatan larutan atau IR-drop (V)

IR-drop berkaitan dengan jarak (d dalam cm) antara elektroda, luas permukaan (A dalam m^2) dari katoda dan konduktivitas spesifik dari larutan (K dalam $\mu S/cm$) dan kuat arus (I dalam A) yang dapat dinyatakan dalam persamaan (Mollah, *et al.*, 2004) :

$$\eta_{IR} = \frac{Id}{AK} \quad (2.4)$$

Nilai IR-drop dapat diminimalkan dengan cara mengurangi jarak antara elektroda dan meningkatkan luas penampang elektroda serta menaikkan konduktivitas spesifik dari larutan.

Overpotensial konsentrasi (Mt) juga dikenal sebagai tegangan transfer massa atau difusi yang disebabkan perubahan konsentrasi analit yang terjadi di

permukaan elektroda akibat reaksi di elektroda tersebut. Overpotensial ini disebabkan terjadinya perbedaan konsentrasi spesies elektroaktif antara bulk larutan dan permukaan elektroda. Kondisi ini terjadi ketika reaksi elektrokimia yang cukup cepat menurunkan konsentrasi permukaan spesies elektroaktif di bawah larutan bulk. Overpotensial tegangan ini dapat diabaikan ketika konstanta laju reaksi lebih kecil dari koefisien transfer massa. Overpotensial transfer massa dapat dikurangi dengan cara meningkatkan transportasi ion logam dari permukaan anoda ke larutan dan hal ini dapat dicapai dengan meningkatkan turbulensi dari larutan. Overpotensial kinetik atau juga disebut potensial aktivasi merupakan penghalang alami energi aktivasi dari reaksi transfer elektron. Overpotensial aktivasi akan menjadi tinggi ketika timbul gas pada elektroda. Selain itu overpotensial kinetik dan konsentrasi akan mengalami peningkatan ketika arus listrik yang mengalir juga meningkat.

2.3.3. Reaksi di Elektroda

Berdasarkan (Mollah, *et al.*, 2004), untuk menghasilkan koagulan diperlukan beda potensial diantara elektroda. Perbedaan potensial ini diperlukan untuk menimbulkan reaksi elektrokimia pada masing-masing elektroda.

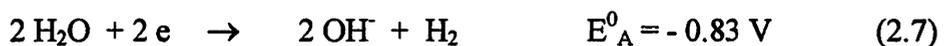
Aluminium merupakan elektroda yang paling banyak digunakan, dimana pada proses elektrokoagulasi terjadi proses pelarutan anodik yang reaksinya adalah sebagai berikut (Mollah, *et al.*, 2004) :



Pembentukan oksigen juga terjadi di anoda (Hudori, 2008) walaupun tidak terdeteksi oleh analisa Przhigorlinskii *et al.*, 1987, reaksinya adalah :



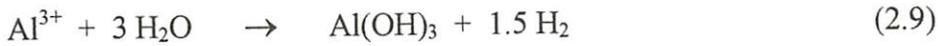
Selain itu secara simultan terjadi reaksi di kutub katoda, biasanya pembentukan gas hidrogen. Reaksi yang terjadi di katoda tergantung pada pH air yang diolah. Pada kondisi netral atau basa, gas hidrogen terjadi dengan reaksi :



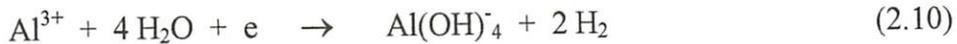
Sedangkan pada kondisi asam, reaksi pembentukan gas hidrogen adalah sebagai berikut :



Untuk penggunaan aluminium pada kedua elektroda, reaksinya adalah sebagai berikut :



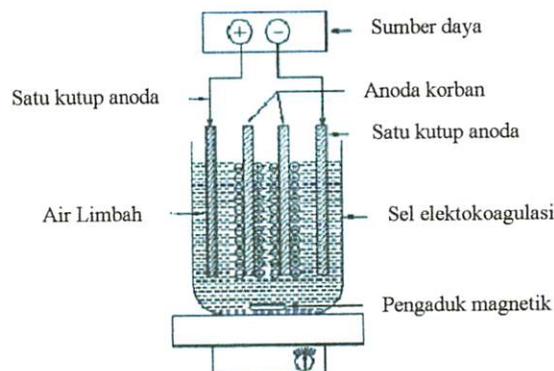
Sedangkan proses pelepasan aluminium pada kutub katoda adalah sebagai berikut:



Persamaan 2.5 sampai 2.8 merupakan reaksi separuh sel yang dominan terjadi pada reaktor dengan anoda aluminium dan katoda logam inert. Potensial dari reaksi yang terjadi tergantung pada bahan yang digunakan pada elektroda dan kondisi larutan

2.3.4. Reaktor Elektrokoagulasi Bipolar

Pada bentuk yang sederhana, reaktor elektrokoagulasi berupa reaktor elektrokimia dengan satu anoda dan satu katoda. Reaktor elektrokoagulasi dapat menggunakan konfigurasi *bipolar*. Pada konfigurasi ini, hanya satu elektroda yang dihubungkan dengan kutub positif (anoda) dan satu elektroda dihubungkan dengan dengan kutub negatif (katoda). Ketika arus listrik dialirkan melalui dua elektroda, maka elektroda yang tidak dialiri akan berubah dari kondisi netral menjadi dua kutub yang berbeda pada masing-masing sisi, yaitu sisi yang menghadap kutub positif menjadi negatif dan sisi yang menghadap kutub negatif menjadi positif. Elektroda yang memiliki sifat seperti ini disebut *bipolar*. Rangkaian seperti ini membuat reaktor elektrokoagulasi menjadi lebih sederhana dan mudah dalam perawatannya (Mollah, *et.al*, 2004).



Gambar 2.6. Reaktor elektroda dengan konfigurasi *bipolar* (Mollah *et.al*, 2004)

Menurut Mollah *et al*, (2004) untuk menghasilkan efisiensi pengolahan yang maksimum maka dalam mendesain reaktor elektrokoagulasi perlu mempertimbangkan beberapa faktor berikut ini :

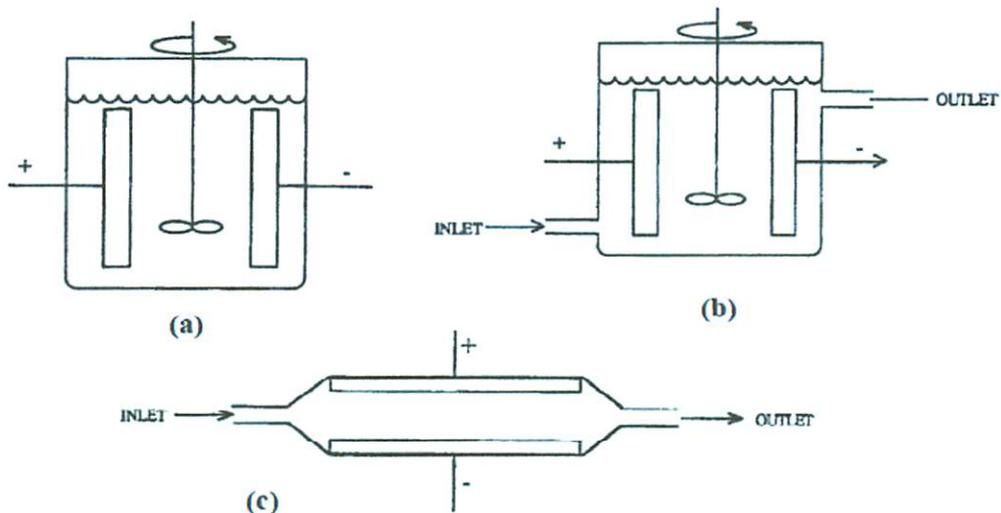
- IR-drop antar elektroda harus diminimalkan
- Akumulasi gas O_2 dan H_2 dipermukaan elektroda harus diminimalkan
- Penghalang proses transfer massa melewati daerah antar elektroda harus diminimalkan.

Sedangkan nilai IR-drop tergantung pada :

- Konduktivitas dari larutan elektrolit
- Jarak antar dua elektroda
- Bentuk geometri dari elektroda

Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka dapat dilakukan beberapa cara, seperti: menggunakan larutan dengan konduktivitas yang tinggi, dan mengurangi jarak antar elektroda.

Sebagai bagian dari reaktor elektrokimia maka reaktor elektrokoagulasi dapat dibedakan berdasarkan mode pengoperasian, yaitu reaktor batch (SBR), reaktor aliran tersumbat (PFR) dan reaktor teraduk kontinyu (CSTR). Skema dari reaktor tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 2.7. Skema Reaktor Elektrokimia (a) *Single Batch Reactor* (b) *Plug Flow Reactor* (c) *Continuous Stirred Tank Reactor*

2.3.5. Proses Pengadukan Cepat dengan Elektroda

Proses pengadukan cepat dengan elektroda merupakan faktor kunci dalam elektrokoagulasi, proses ini menggambarkan interaksi antara koagulan dengan bahan polutan yang hendak diolah. Prinsip dari pengadukan cepat dengan elektroda adalah destabilisasi partikel koloid dengan cara mengurangi semua gaya yang mengikat, kemudian menurunkan energi penghalang dan membuat partikel menjadi bentuk flok. Pada reaktor elektrokoagulasi, mekanisme yang dominan akan bervariasi tergantung kondisi pengoperasian reaktor, jenis dan konsentrasi polutan dan konsentrasi koagulan.

Elektrokoagulasi dapat dibandingkan dengan koagulasi kimiawi untuk menunjukkan efisiensi dan keuntungannya. Pada koagulasi kimiawi, bahan kimia yang ditambahkan sebagai koagulan yang berbentuk garam dan di dalam elektrokoagulasi larutan akan mengalami disosiasi melalui hidrolisis dari kation aluminium (dan berhubungan dengan anion larutan) yang diukur dengan kondisi larutan dan nilai pH. Penambahan aluminium sulfat pada koagulasi kimiawi akan membuat air menjadi asam sedangkan pada penambahan aluminium pada elektrokoagulasi yang tidak menyebabkan disosiasi pada anion garam di larutan, akan menyebabkan nilai pH relatif stabil dalam kisaran basa (Koparal and Ogutveren, 2002 dalam Mollah, *et al.*, 2004).

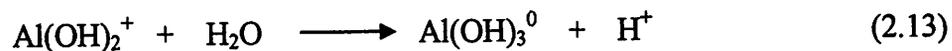
Pada elektrokoagulasi, stabilitas polutan diukur dari karakteristik fisik kimia dari polutan tersebut. Polutan tersusun atas partikel bermuatan yang sama yang terikat satu dengan lainnya dan dengan gaya repulsive menyebabkan menjadi stabil. Proses perubahan ion yang berlawanan menjadi polutan yang bermuatan akan membentuk lapisan ganda elektrik (*electric double layer*) yang disebut lapisan diffuse dan Stern (Holt *et al.*, 2002). Repulsif elektrostatis diantara lapisan ganda elektrik akan membuat partikel terpisah, sedangkan gaya van der Waals akan menyatukan partikel tersebut.

Untuk memperoleh pemisahan yang kecil, terlebih dahulu dibutuhkan energi barrier yang repulsif. Zeta potensial dapat digunakan untuk mengukur secara eksperimen muatan efektif dari partikel untuk bergerak dalam larutan, hal ini merupakan indikator langsung dari stabilitas larutan (Letterman *et al.*, 1999

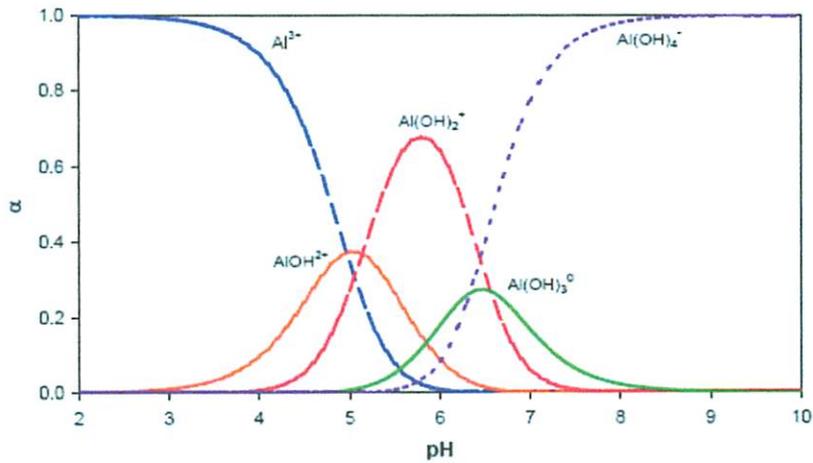
dalam Mollah, *et al.*, 2004). Sedangkan Holt *et al.*, (2002) melaporkan pada pengukuran di reaktor yang batch nilai titik isoelektrik berkaitan dengan tingkat removal polutan yang tinggi. Oleh sebab itu, pengukuran zeta potensial dapat menunjukkan karakteristik penting dari sistem elektrokoagulasi (Clemens, 1981; Ramirez, 1982 dalam Mollah, *et al.*, 2004) dan juga menunjukkan indikasi dari stabilitas dan indikasi kemungkinan mekanisme koagulasi yang terjadi.

Aluminium merupakan logam yang sering digunakan sebagai anoda dalam proses elektrokoagulasi. Ion positif (kation) aluminium yang terlepas (tergantung pada kondisi polutan, pH dan konsentrasi larutan) secara langsung akan berinteraksi dengan polutan dan akan terjadi hidrolisa membentuk kompleks hidro-aluminium atau juga terjadi presipitasi. Proses pembentukan kation ini sangat penting untuk dapat memahami mekanisme elektrokoagulasi.

Thermodynamika dapat digunakan untuk mengukur dan menghitung zat yang bereaksi dalam larutan. Adapun reaksi yang terjadi pada aluminium ketika terlepas ke larutan adalah sebagai berikut (Mollah, *et al.*, 2004:

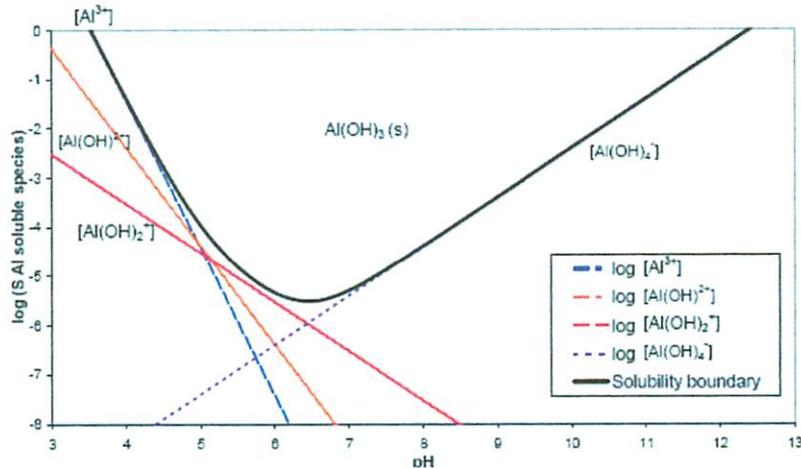


Dengan memperhatikan hanya pembentukan mononuclear, jumlah aluminium dalam larutan (α) dengan nilai pH pada larutan dapat digambarkan dengan grafik dibawah ini. Dimana pada diagram tersebut, distribusi yang ada menggambarkan proses hidrolisis yang tergantung pada konsentrasi total dari logam dan pH larutan.



Gambar 2.8. Diagram distribusi Al-H₂O untuk mononuklear (Holt, Barton, Michell., 2002)

Sedangkan untuk kelarutan dari aluminium hidroksida, Al(OH)_{3(s)} dapat dilihat pada diagram berikut ini.



Gambar 2.9. Diagram kelarutan dari Aluminium hidroksida (Holt, Barton, Michell., 2002)

Pada tahap ini diperlukan proses pengadukan cepat. Proses pengadukan cepat dapat dilakukan dengan berbagai cara sebagai berikut (Masduqi dan Slamet, 2002):

- Pengadukan Mekanis

Pengadukan mekanis adalah metode pengadukan menggunakan alat pengadukan berupa impeller yang digerakkan dengan motor bertenaga listrik.

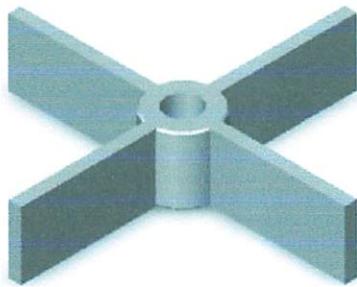
Umunya pengadukan mekanis terdiri dari motor proses pengadukan dan gayung pengaduk (impeller)

Berdasarkan pada bentuknya telah dikenal tiga macam impeller yaitu peddle (pedal), turbine, dan propeller (baling-baling). Bentuk ketiga impeller tersebut dapat dilihat pada gambar

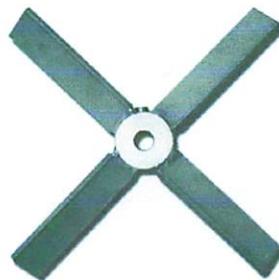
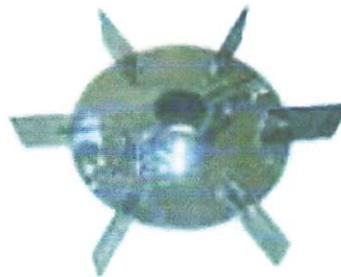
➤ *Turbine*

Jenis turbine :

Turbin blade lurus



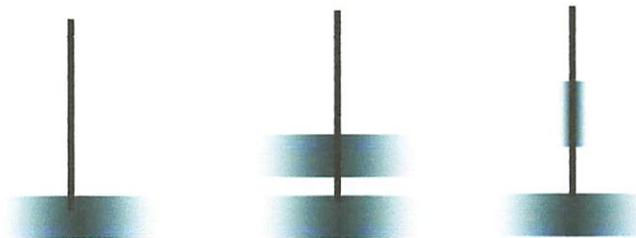
turbine blade dengan piringan



Turbin blade penyerong

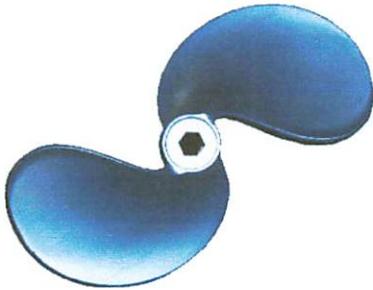
Gambar 2.10. Tipe turbine (Masduqi dan Slamet, dalam <http://bhupalaka.files.wordpress.com. pengadukan.pdf /2010/12/>)

➤ *Paddle*

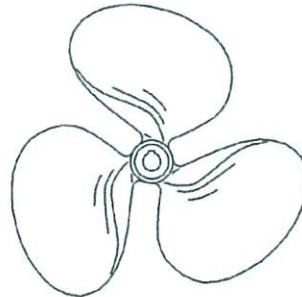


Gambar 2.11. Tipe paddle (Masduqi dan Slamet, dalam <http://bhupalaka.files.wordpress.com. pengadukan.pdf /2010/12/>)

➤ *Propeller Impeller*



Propeller 2 blade



propeller 3 blade

Gambar 2.12. Tipe propeller Impeller (Masduqi dan Slamet, dalam <http://bhupalaka.files.wordpress.com. pengadukan.pdf /2010/12/>)

Table 2.2. Kriteria Impeller

Tipe impeller	Kecepatan putaran	Dimensi	keterangan
Paddle	20-150 rpm	Diameter : 50-80 % lebar bak. 1/6-1/10 diameter paddle.	
Turbine	10-150	Diameter : 30-50 %	
Propeller	400-1750	Diameter : max 45 cm	Jumlah pitch 1-2 buah

(Masduqi dan Slamet, 2002)

Gradien kecepatan pengadukan secara mekanis (Masduqi dan Slamet, 2002) :

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu V}} \quad (2.15)$$

Dimana :

- G = gradien kecepatan (dt^{-1}).
- P = power atau daya ($kg.m^2/dt^3$ atau watt).
- μ = viskositas dinamik ($gr/m.dt$).
- V = Volume reaktor (m^3).

$$\mu = \nu \cdot \rho \quad (2.16)$$

Dimana :

- ν = viskositas kinematis (m^2/dt).
- ρ = densitas cairan

Sedangkan Power atau tenaga penggerak pada sistem *paddle* dapat ditentukan dengan (Masduqi dan Slamet, 2002) :

$$P = \frac{n}{8} C_D \rho (1 - k_2)^3 (2\pi N)^3 (R_1^4 - R_0^4) b \quad (2.17)$$

- Dimana :
- P = power/daya (kg.m²/dt³ atau watt).
 - n = jumlah paddle.
 - C_D = koefisien drag (tergantung Nre).
 - ρ = densitas cairan
 - k₂ = ratio antara kecepatan air terhadap kecepatan paddle (V_{air} > V_{paddle}).
 - R₁ = jari-jari ujung luar paddle dari pusat (m)
 - R₂ = jari-jari sebelah dalam paddle dari pusat (m).

- Pengadukan Hidraulis

Pada pengadukan ini besar turbulensi tergantung perbedaan muka air, dan tergantung pada besar aliran (Masduqi dan Slamet, 2002)

$$.P = g. Q. H \quad (2.18)$$

Sehingga :

$$G = \left(\frac{gQH}{\nu V} \right)^{0.5} \quad (2.19)$$

atau

$$G = \left(\frac{gQH}{\nu td} \right)^{0.5} \quad (2.20)$$

- Dimana :
- P = power/daya (watt).
 - G = gradien kecepatan (dt⁻¹).
 - g = kecepatan gravitasi (9,81 m/dt²).
 - H = head atau headloss sistem (m).
 - Q = debit yang diolah (m³).
 - ν = viskositas kinematis (m²/dt).
 - V = Volume reaktor (m³).
 - td = waktu detensi air dalam bak.

- Pengadukan dengan udara/diffuser

Pengadukan dengan udara (pneumatis), tenaga yang dihasilkan merupakan fungsi dari debit udara yang diinjeksikan, yang dapat dituliskan sebagai berikut (Masduqi dan Slamet, 2002) :

$$P = 3904 \cdot Ga \cdot \text{Log}\left(\frac{h+10,4}{10,4}\right) \quad (2.21)$$

Dimana :

- P = power/daya (N m/dt atau watt).
- Ga = debit udara yang ditransfer (m³/menit).
- h = kedalaman diffuser

2.3.6. Proses Pengadukan Lambat

Tujuan pengadukan lambat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan gerakan air secara perlahan sehingga terjadi kontak antara partikel untuk membentuk gabungan partikel berukuran besar. Pengadukan lambat digunakan pada proses flokulasi, untuk membentuk inti gumpalan. Gradien kecepatan diturunkan secara perlahan-lahan agar gumpalan yang telah terbentuk tidak pecah lagi dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar. Penggabungan inti gumpalan sangat tergantung pada karakteristik flok dan nilai gradien kecepatan.

Pengadukan lambat dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain (Masduqi dan Slamet, 2002)

1. Pengadukan mekanis
2. Pengadukan hidrolis

Pengadukan mekanis merupakan satu metode yang umum digunakan untuk pengadukan lambat. Pengaduk (disebut juga flokulator) mekanis yang sering digunakan dalam pengadukan lambat adalah tipe paddle yang dimodifikasi hingga membentuk roda (paddle wheel), baik dengan posisi horizontal maupun vertical.

Dalam penelitian ini digunakan pengadukan mekanis dengan *Paddle* dan memiliki karakteristik (Masduqi dan Slamet, 2002) :

- Diameter 50-80 % dari bak / lebar bak.
- Lebar paddle 1/6 - 1/10 diameter paddle.

- Letak dari dasar tangki $\frac{1}{2}$ D.
- Kecepatan 100-200 rpm untuk pengadukan cepat dan 40-50 rpm untuk pengadukan lambat.

Gradien kecepatan pengadukan secara mekanis (Masduqi dan Slamet, 2002) :

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu V}} \quad (2.25)$$

Dimana :

- G = gradien kecepatan (dt^{-1}).
- P = power atau daya ($kg \cdot m^2/dt^3$ atau watt).
- μ = viskositas dinamik ($gr/m \cdot dt$).
- V = Volume reaktor (m^3).

$$\mu = \nu \cdot \rho \quad (2.26)$$

Dimana :

- ν = viskositas kinematis (m^2/dt).
- ρ = densitas cairan

2.3.7. Proses Sedimentasi

Sedimentasi adalah pemisahan solid-liquid menggunakan pengendapan secara gravitasi untuk menyisahkan suspended solid. Pada umumnya sedimentasi digunakan pada pengolahan air minum, pengolahan air limbah dan pada pengolahan air limbah tingkat lanjutan. Pada pengolahan air minum terapan sedimentasi khususnya untuk (Masduqi dan Slamet, 2002):

1. Pengendapan air permukaan khususnya untuk pengolahan dengan filter pasir cepat
2. Pengendapan flok hasil koagulasi-flokulasi, khususnya sebelum disaring dengan filter pasir cepat
3. Pengendapan flok hasil penurunan kesadahan menggunakan soda-kapur
4. Pengendapan lumpur pada penyisihan besi dan mangan.

Pada pengolahan air limbah, sedimentasi umumnya digunakan untuk :

1. Penyisihan grit, pasir, atau silt (lanau)
2. Penyisihan padatan tersuspensi pada clarifier pertama

3. Penyisihan flok atau lumpur biologis hasil proses activated sludge pada clarifier aknir.

Klasifikasi sedimentasi didasarkan pada konsentrasi partikel dan kemampuan partikel untuk berinteraksi. Klasifikasi ini dapat dibagi ke dalam empat tipe yaitu:

- Settling tipe I : pengendapan partikel diskrit, partikel mengendap secara individual dan tidak ada interaksi antara partikel
- Settling tipe II : pengendapan partikel flokulen, terjadi interaksi antara partikel sehingga ukuran meningkat dan kecepatan pengendapan bertambah
- Settling tipe III : pengendapan pada lumpur biologis, dimana gaya antar partikel saling menahan partikel lainnya untuk mengendap
- Settling tipe IV : terjadi pemampatan partikel yang telah mengendap yang terjadi karena berat partikel.

Kecepatan Mengendap Partikel (Masduki dan Slamet, 2002) :

$$V_s = \left[\frac{4}{3} \frac{g(S_s - 1) dp}{C_D} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.27)$$

Dimana : V_s = kecepatan mengendap partikel (m/dt).
 g = kecepatan gravitasi (m/dt²).
 S_s = specific gravity partikel.
 C_D = koefisien drag.
 dp = diameter partikel (m).

$$C_D = \frac{b}{Nre^n} \quad (2.28)$$

Untuk aliran laminar, $C_D = \frac{24}{Re}$, maka diperoleh :

$$V_s = \frac{1}{18} \frac{g(S_s - 1) dp^2}{\nu} \quad (2.29)$$

Untuk aliran transisi, $C_D = \frac{24}{Re} + \frac{3}{Re^{1/2}} + 0,34$

Untuk aliran turbulen, $C_D = 0,4$, maka diperoleh :

$$V_s = [3,3 g (S_s - 1) dp]^{1/2} \quad (2.30)$$

Berdasarkan Kurva Performance

Pendekatan praktis dilakukan dengan kurva performance atau dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{Y}{Y_o} = 1 - \left(1 + \frac{n V_o}{Q/A}\right)^{-1/n} \quad (2.31)$$

2.4 Metode Pengolahan Data

2.4.1 Statistika Deskriptif dan Inferensi

Secara garis besar, statistik dibedakan menjadi 2 yaitu statistika deskriptif dan statistika inferensi. Metode statistika yang meringkas, menyajikan, dan mendeskripsikan data dalam bentuk yang mudah dibaca sehingga memberikan kemudahan dalam memberikan informasi disebut statistika deskriptif. Statistika deskriptif menyajikan data dalam tabel, grafik, ukuran pemusatan data, dan penyebaran data. Agar mendapatkan data lebih terperinci, kita memerlukan analisis data dengan metode statistika tertentu. Hasil analisis data akan memberikan informasi lebih rinci sehingga kita memperoleh suatu kesimpulan mengenai suatu fenomena berdasarkan sampel yang diambil. Analisis tersebut dinamakan statistika inferensi. Statistika inferensi sering disebut statistika induktif. Statistika inferensi memerlukan pengetahuan lebih mengenai konsep probabilitas yang biasa dikenal sebagai ilmu peluang. Ilmu peluang tidak lepas dari statistika karena membantu pengambilan keputusan statistik suatu data (Iriawan dan Astuti, 2006).

2.4.2. Analisis Korelasi

Koefisien korelasi Pearson berguna untuk mengukur tingkat keeratan hubungan linear antara 2 variabel. Nilai korelasi berkisaran antara -1 sampai +1. nilai korelasi negatif berarti hubungan antara 2 variabel adalah negatif. Artinya, apabila salah satu variabel menurun, maka variabel lainnya akan meningkat.

Sebaliknya, nilai korelasi positif berarti hubungan antara kedua variabel adalah positif. Artinya, apabila salah satu variabel meningkat, maka variabel dikatakan berkorelasi kuat apabila makin mendekati 1 atau -1. sebaliknya, suatu hubungan antara 2 variabel dikatakan lemah apabila semakin mendekati 0 (nol).

Hipotesis

Hipotesis untuk uji korelasi adalah :

$$H_0 : \rho = 0$$

$$H_1 : \rho \neq 0$$

Dimana ρ adalah korelasi antara 2 variabel.

Daerah penolakan

$$p\text{-Value} < \alpha .$$

Untuk membuat interpretasi analisis korelasi, ada beberapa hal yang harus diingat, yaitu :

1. koefisien korelasi hanya mengukur hubungan linier. Jika ada hubungan non linear, maka koefisien korelasi akan bernilai 0.
2. koefisien korelasi sangat sensitif terhadap nilai ekstrem.
3. kita bisa membuat korelasi hanya jika variabel memiliki hubungan sebab akibat.

2.4.3. Analisis Regresi

Analisis regresi sangat berguna dalam berbagai penelitian antara lain :

- Model regresi dapat digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antara variabel respon dan variabel predictor
- Model regresi dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh suatu atau beberapa variabel predictor terhadap variabel respon.
- Model regresi berguna untuk memperkirakan pengaruh suatu variabel atau beberapa variabel prediktor terhadap variabel respon.

Model regresi memiliki variabel respon (y) dan variabel prediktor (x). Variabel respon adalah variabel yang dipengaruhi suatu variabel prediktor.

Variabel respon sering dikenal variabel dependen karena peneliti tidak bisa bebas mengendalikannya. Kemudian, variabel prediktor digunakan untuk memprediksi nilai variabel respon dan sering disebut variabel independent karena peneliti bebas mengendalikannya (Iriawan dan Astuti, 2006).

Kedua variabel dihubungkan dalam bentuk persamaan matematika. Secara umum, bentuk persamaan regresi dinyatakan sebagai berikut :

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_kx_k + \epsilon$$

2.4.4. Pengantar Desain Eksperimen

Desain eksperimen berperan penting dalam mengembangkan proses dan dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan dalam proses agar kinerja proses meningkat. Desain eksperimen dapat didefinisikan sebagai suatu uji atau rentetan uji dengan mengubah-ubah variabel input (faktor) suatu proses sehingga bisa diketahui penyebab perubahan output (respon).

2.4.4.1 Langkah-langkah dalam Desain Eksperimen

Desain eksperimen memerlukan tahap-tahap penting yang berguna agar desain mengarah pada hasil yang diinginkan. Berikut adalah langkah-langkah melakukan desain eksperimen (Iriawan dan Astuti, 2006) :

1. Mengenali permasalahan
2. Memilih faktor dan level
3. Menentukan faktor dan level
4. Memilih metode desain eksperimen
5. Melaksanakan eksperimen
6. Analisa Data
7. Membuat suatu keputusan

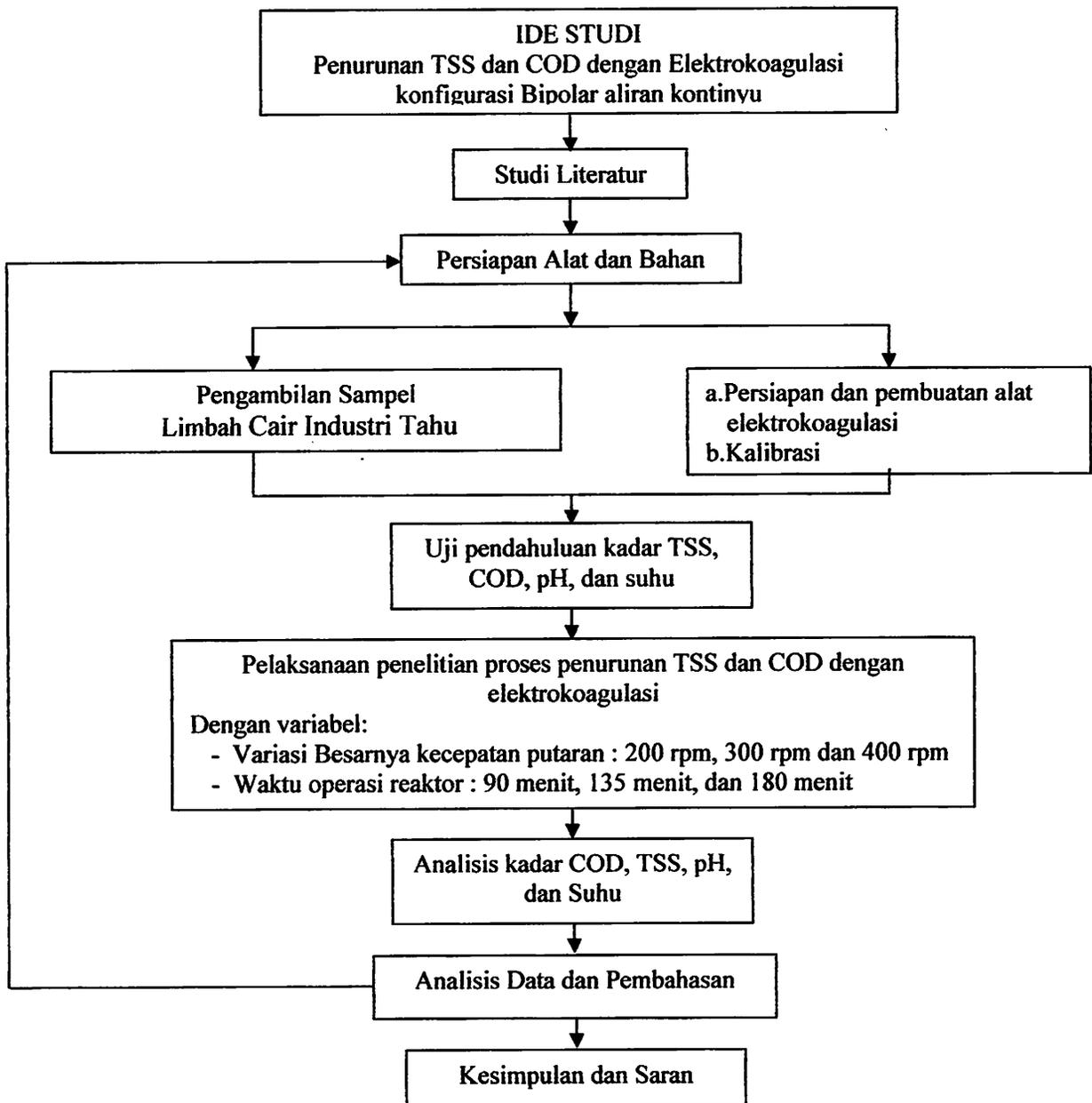
2.4.4.2 Analysis of Variance

Analysis of Variance atau sering dikenal ANOVA digunakan untuk menyelidiki hubungan antara variabel respon (dependen) dengan 1 atau beberapa variabel prediktor (independent). ANOVA sama dengan regresi, tetapi skala data variabel independen adalah data kategori yaitu skala ordinal atau nominal . Lebih lanjut ANOVA tidak mempunyai nominal (Iriawan dan Astuti, 2006).

BAB III
METODELOGI PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian skripsi Penurunan TSS dan COD Pada Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Elektrokoagulasi Konfigurasi Bipolar Aliran Kontinyu adalah :



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.2 Ide Studi

Ide studi skripsi ini muncul karena adanya permasalahan yang timbul dari limbah cair yang dihasilkan oleh industri tahu dimana mengandung padatan tersuspensi dan kandungan organik yang tinggi serta penggunaan air yang tinggi, Sehingga jika limbah ini dibuang secara percuma tanpa ada pengolahan dapat mencemari lingkungan disekitarnya. Sistem pengolahan yang sederhana namun memiliki kualitas yang baik. Salah satu teknologi alternatif yang dapat dipakai adalah teknologi elektrokoagulasi konfigurasi bipolar.

3.3 Studi Literatur

Meliputi pengumpulan sumber informasi yang diperlukan untuk melakukan analisis data dan mendasari pelaksanaan studi. Jenis literatur yang dipelajari antara lain buku teks, laporan penelitian, jurnal, dan lain-lain.

3.4 Variabel Penelitian

Beberapa variabel yang terdapat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel respon (y) : TSS dan COD. TSS dan COD adalah parameter penting pada limbah tahu yang tidak sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan pada Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 45 Tahun 2002 tentang baku mutu limbah cair industri tahu
2. Variabel prediktor (x) :
 - a. Jumlah Elektroda : 4 buah
Kriteria desain untuk jumlah elektroda pada elektrokoagulasi bipolar minimal 3 buah (Holt, Barton, Michell, 2004)
 - b. Besar Tegangan : 15 V
Besar tegangan disesuaikan dengan tegangan pada adaptor yang tersedia di pasaran yaitu 3 – 15 V

c. Kecepatan Putaran

Kecepatan putaran yang digunakan pada bak pengadukan cepat dengan elektroda adalah 200 rpm, 300 rpm dan 400 rpm. Berdasarkan (Masduki, 2002), pengadukan cepat adalah adalah pengadukan dengan gradien kecepatan pengadukan 100-1000 per detik selama 60 detik.

d. Waktu operasi reaktor elektrokoagulasi selama 180 menit dengan pengambilan sampel pada menit ke 90, 135, dan 180.

Berdasarkan penelitian Sandy, 2007, pemakaian waktu operasi perlu diperbesar untuk mendapatkan tingkat penyisihan konsentrasi TSS dan COD yang lebih tinggi, yang penelitiannya menggunakan waktu operasi 90 menit dengan waktu pengambilan sampel pada 12 menit, 35 menit, dan 90 menit.

e. Jarak Elektroda : 5 mm

Kriteria desain jarak antar elektroda dalam elektrokoagulasi adalah 5 mm – 25 mm (Heis, 2008).

f. Jenis Elektroda : Aluminium

Untuk jenis elektroda digunakan aluminium, karena aluminium merupakan logam yang mudah mengalami reduksi maupun oksidasi selain itu juga merupakan logam inert (Chang, 2002).

g. Reaktor Elektrokoagulasi : Konfigurasi bipolar

3.5 Alat dan Bahan

3.5.1 Alat-Alat Penelitian

Pada penelitian ini digunakan beberapa peralatan sederhana yang mempunyai ukuran untuk skala laboratorium, yaitu :

➤ Bak penampung

Bak penampung disini berfungsi untuk menampung limbah sebelum di alirkan ke reaktor.

➤ Reaktor

Reaktor pada elektrokoagulasi menggunakan tiga bak yaitu:

- **Bak Pengaduk cepat dengan elektroda**

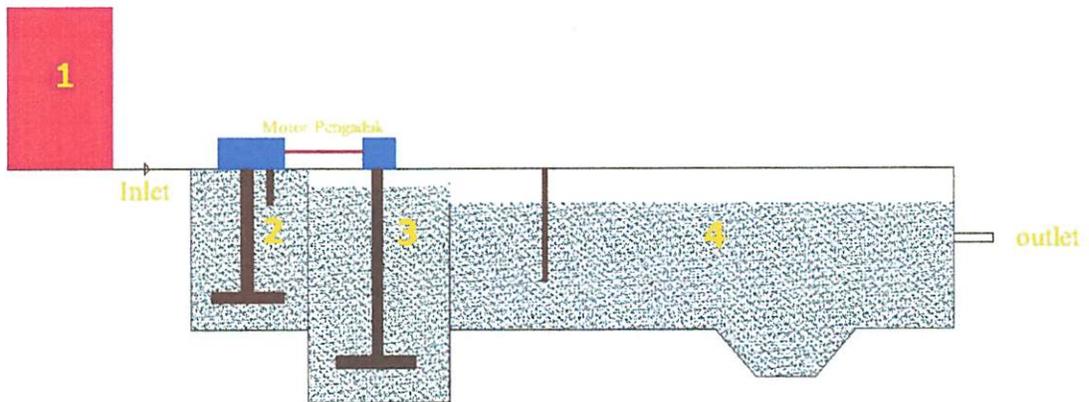
Bak pengaduk cepat dengan elektroda disini berfungsi sebagai tempat terjadinya proses elektrolisis atau pertukaran elektron. Desain bak ini menyerupai bak koagulasi dimana menggunakan pengadukan cepat yaitu 200 - 400 rpm dengan td 10 menit. Dengan kriteria desain untuk waktu detensi adalah 10-30 menit (Holt, Barton dan Michell, 2004).

- **Bak Pengaduk lambat**

Bak Pengaduk lambat disini berfungsi sebagai tempat terjadinya proses flokuasi dimana merupakan kelanjutan dari proses koagulasi yang fungsi utama dari proses ini adalah memberikan waktu untuk pembentukan partikel flokulen dengan cara pengadukan lambat yaitu 40 rpm dengan td 20 menit. Dengan kriteria desain untuk waktu detensi adalah 20-30 menit (Masduqi dan Slamet, 2002).

- **Bak sedimentasi**

Bangunan sedimentasi berfungsi sebagai tempat terjadinya proses pengendapan partikel-partikel flokulen yang terbentuk dari proses pengadukan cepat dengan elektroda dan flokuasi. Dimana td yang direncanakan 60 menit. Dengan kriteria desain untuk waktu detensi 60 menit (Masduqi dan Slamet, 2002).



Ket :

1. Bak Penampung
2. Bak Pengaduk Cepat Dengan Elektroda
3. Bak Pengaduk Lambat
4. Bak Sedimentasi

Gambar 3.2. Reaktor Elektrokuagulasi Konfigurasi Bipolar Aliran Kontinyu

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Limbah Industri Tahu

Air limbah industri tahu yang digunakan dalam penelitian diambil dari industri tahu di Kelurahan Tunggulwulung Kota Malang. Selanjutnya dianalisis untuk mengetahui karakteristik dari air limbah. Tabel 4.1 berikut menunjukkan karakteristik air limbah industri tahu dibandingkan dengan baku mutu limbah cair menurut Kepgub Jawa Timur No. 45 Tahun 2002 Lampiran II.

Tabel 4.1 Hasil Analisis Awal Limbah Industri Tahu

No	Parameter	Kadar mg/l
1	TSS (mg/l)	7483,6
2	COD (mg/l)	775,23

Tabel 4.1 diatas menunjukkan kualitas air buangan tidak memenuhi untuk parameter COD dan TSS jika dibandingkan dengan standar baku mutu limbah cair menurut Kepgub Jawa Timur No. 45 Tahun 2002 Lampiran II. Apabila dengan kondisi limbah seperti ini langsung dibuang ke badan air maka akan dapat menyebabkan berkurangnya kandungan oksigen di badan air.(Alaerts dan Santika, 1987).

4.2. Analisis Deskriptif

Dalam penelitian ini analisa deskriptif menggunakan rata-rata data atau mean sebagai ukuran pemusatan data.

4.2.1 Analisis Deskriptif COD

Data hasil penelitian yang diperoleh tentang konsentrasi akhir COD menunjukkan bahwa, elektrokoagulasi konfigurasi bipolar aliran kontinu mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi COD. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Data Konsentrasi Akhir COD

No	Konsentrasi awal (mg/l)	Kecepatan Putaran (rpm)	Konsentrasi Akhir COD (mg/l)		
			t ₉₀	t ₁₃₅	t ₁₈₀
1.	6635,5	200	6264,73	5947,56	5207,03
2.	7483,6	300	6965,5	4735,9	4415,16
3.	7795,03	400	3874	3835,76	3415,6

Untuk mengetahui persentase penyisihan COD digunakan rumus :

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{KonsentrasiAwal} - \text{KonsentrasiAkhir}}{\text{KonsentrasiAwal}} \times 100\%$$

Contoh Perhitungan :

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{KonsentrasiAwal} - \text{KonsentrasiAkhir}}{\text{KonsentrasiAwal}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{6635,5 - 6264,73}{6635,5} \times 100\%$$

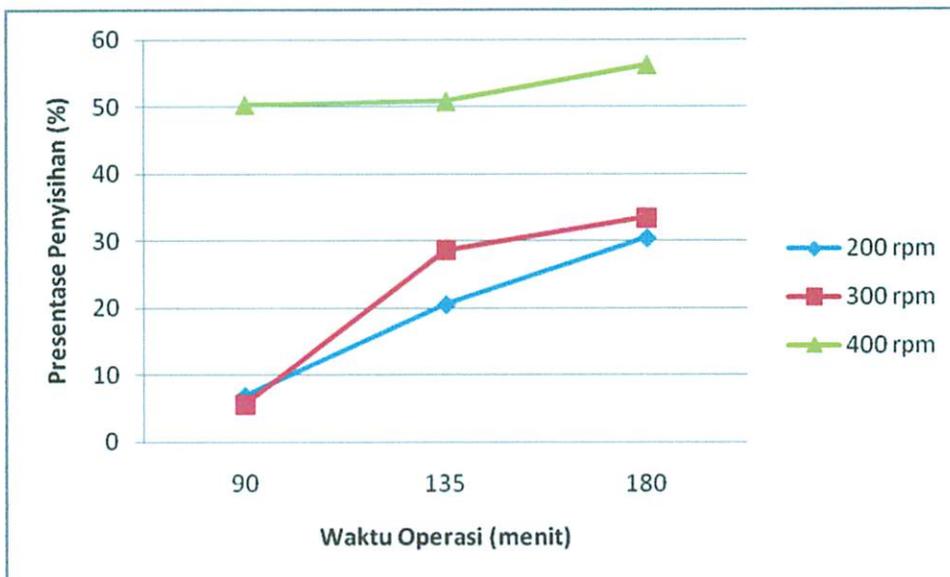
$$\% \text{ Penyisihan} = 5,58\%$$

Untuk selengkapnya hasil perhitungan persen penyisihan COD dapat dilihat pada tabel 4.3 dan gambar 4.1

Tabel 4.3 Data Persentase Penyisihan Akhir COD

No	Konsentrasi awal (mg/l)	Kecepatan Putaran (rpm)	Persentase penyisihan COD (%)		
			t ₉₀	t ₁₃₅	t ₁₈₀
1.	6635,5	200	5,58	20,52	30,42
2.	7483,6	300	6,92	28,62	33,46
3.	7795,03	400	50,3	50,79	56,18

Pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa persen penyisihan COD terendah pada menit ke-90 terjadi pada kecepatan putaran 200 rpm sebesar 5,58 % atau konsentrasi penyisihan COD sebesar 518,1 mg/l dan tertinggi pada kecepatan putaran 400 rpm sebesar 21,86 % atau konsentrasi penyisihan COD sebesar 3921 mg/l. Pada menit ke-135 persen penyisihan COD terendah terjadi pada kecepatan putaran 200 rpm sebesar 20,52 % konsentrasi penyisihan COD sebesar 1536,04 mg/l dan tertinggi pada kecepatan putaran 400 rpm sebesar 50,79 % atau konsentrasi penyisihan COD sebesar 3959,27 mg/l. Sedangkan pada menit ke-180 persen penyisihan COD terendah terjadi pada kecepatan putaran 200 rpm sebesar 30,42 % atau konsentrasi penyisihan COD sebesar 2276,57 dan tertinggi pada kecepatan putaran 400 rpm sebesar 56,18% atau konsentrasi penyisihan COD sebesar 4379,43 mg/l.



Gambar 4.1. Hubungan Waktu Operasi Terhadap % Penyisihan COD

4.2.2 Analisis Deskriptif TSS

Data hasil penelitian yang diperoleh tentang konsentrasi akhir TSS menunjukkan bahwa, elektrokoagulasi konfigurasi bipolar aliran kontinyu mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi TSS. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Data Konsentrasi Akhir TSS

No	Konsentrasi awal (mg/l)	Kecepatan Putaran (rpm)	Konsentrasi Akhir TSS (mg/l)		
			t ₉₀	t ₁₃₅	t ₁₈₀
1.	775,23	200	754,93	686,66	614,4
2.	908,06	300	774,2	673,33	484,86
3.	675,86	400	514,8	485,46	367,13

Untuk mengetahui persentase penyisihan TSS digunakan rumus :

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{KonsentrasiAwal} - \text{KonsentrasiAkhir}}{\text{KonsentrasiAwal}} \times 100\%$$

Contoh Perhitungan :

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{KonsentrasiAwal} - \text{KonsentrasiAkhir}}{\text{KonsentrasiAwal}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{775,23 - 754,93}{775,23} \times 100\%$$

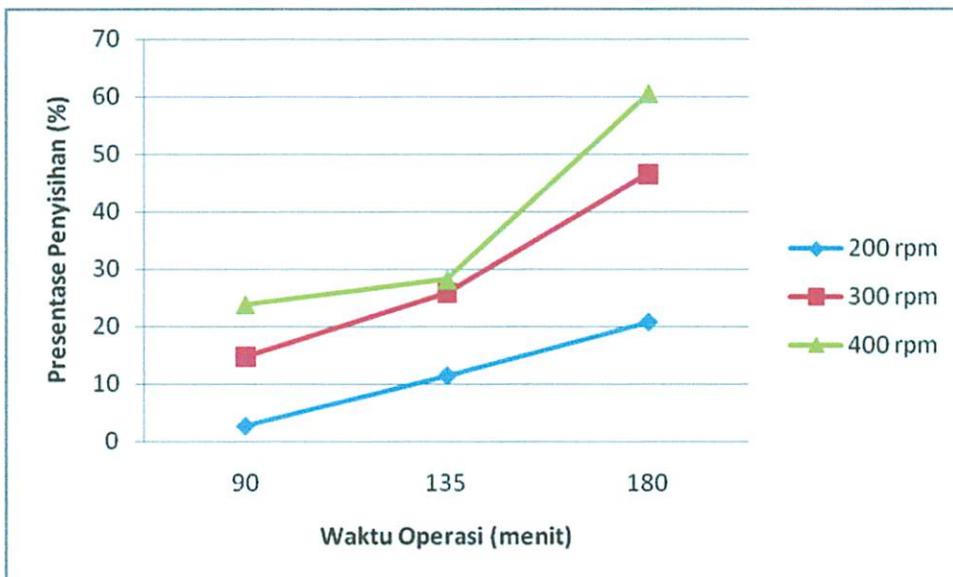
$$\% \text{ Penyisihan} = 2,62 \%$$

Untuk selengkapnya hasil perhitungan % penyisihan TSS dapat dilihat pada tabel 4.5 dan gambar 4.2

Tabel 4.5 Data Persentase Penyisihan Akhir TSS

No	Konsentrasi awal (mg/l)	Kecepatan Putaran (rpm)	Persentase penyisihan TSS (%)		
			t ₉₀	t ₁₃₅	t ₁₈₀
1.	775,23	200	2,62	11,42	20,75
2.	908,06	300	14,74	25,85	46,60
3.	675,86	400	23,83	28,17	60,48

Pada gambar 4.2 dapat dilihat bahwa persen penyisihan TSS terendah pada menit ke-90 terjadi pada kecepatan putaran 200 rpm sebesar 2,62 % atau konsentrasi penyisihan TSS sebesar 20,3 mg/l dan tertinggi pada kecepatan putaran 400 rpm sebesar 23,83 % atau konsentrasi penyisihan TSS sebesar 160,2 mg/l. Pada menit ke-135 persen penyisihan TSS terendah terjadi pada kecepatan putaran 200 rpm sebesar 11,42 % atau konsentrasi penyisihan TSS sebesar 88,57 mg/l dan tertinggi pada kecepatan putaran 400 rpm sebesar 28,17 % atau konsentrasi penyisihan TSS sebesar 190,4 mg/l. Sedangkan pada menit ke-180 persen penyisihan TSS terendah terjadi pada kecepatan putaran 200 rpm sebesar 20,75 % atau konsentrasi penyisihan TSS sebesar 160,83 mg/l dan tertinggi pada kecepatan putaran 400 rpm sebesar 60,48% atau konsentrasi penyisihan TSS sebesar 308,73 mg/l.



Gambar 4.2. Hubungan Waktu Operasi Terhadap % Penyisihan TSS

4.3. Analisis Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel yang diamati, maka digunakan analisis korelasi. Dalam analisis korelasi terdapat :

Hipotesis

- H_0 : Korelasi tidak signifikan
- H_1 : Korelasi signifikan

Pengambilan keputusan

- Jika probabilitas $> 0,05$, H_0 diterima
- Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak

Untuk mengetahui kuat lemahnya korelasi :

Nilai korelasi berkisaran antara -1 sampai +1. Nilai korelasi negatif berarti hubungan antara 2 variabel adalah negatif. Artinya, apabila salah satu variabel menurun, maka variabel lainnya akan meningkat. Sebaliknya, nilai korelasi positif berarti hubungan antara kedua variabel adalah positif. Artinya, apabila salah satu variabel meningkat, maka variabel dikatakan berkorelasi kuat apabila makin mendekati 1 atau -1. Sebaliknya, suatu hubungan antara 2 variabel dikatakan lemah apabila semakin mendekati 0 (nol) (Iriawan dan Astuti, 2006).

4.3.1 Analisis Korelasi Persentase Penyisihan COD Dengan Waktu Operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran.

➤ Uji Korelasi persentase penyisihan COD dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6. Analisis Korelasi Antara % Penyisihan COD Dengan Waktu Operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran

Correlations: presentase penyisihan COD, waktu operasi, Variasi kecepatan putaran			
	presentase penyisihan COD	waktu operasi	
waktu operasi	0.446		
	0.229		
Variasi kecepatan putaran	0.775	0.000	
	0.014	1.000	
Cell Contents: Pearson correlation P-Value			

Tabel 4.6 diketahui bahwa nilai korelasi antara waktu operasi terhadap penyisihan COD sebesar 0,446. Artinya hubungan antara waktu operasi terhadap persentase penyisihan COD lemah karena mendekati 0. Untuk nilai probabilitas antara waktu operasi terhadap persentase penyisihan COD sebesar 0,229 ($>0,05$) maka hipotesis (H_0) diterima. Artinya nilai persentase penyisihan terhadap waktu operasi tidak signifikan. Hubungan antara kedua variabel searah, hal ini di tunjukkan dengan nilai koefesien korelasi yang positif, yang berarti jika semakin besar waktu operasi maka semakin besar peningkatan persentase penyisihan COD.

Nilai korelasi antara variasi kecepatan putaran terhadap persentase penyisihan COD sebesar 0,775. Artinya hubungan antara variasi kecepatan putaran terhadap persentase penyisihan kuat karena mendekati 1. Untuk nilai probabilitas variasi kecepatan putaran terhadap penyisihan COD sebesar 0,014 ($<0,05$) maka menolak hipotesis (H_0). Artinya nilai persentase penyisihan COD terhadap kecepatan putaran signifikan. Hubungan antara variasi kecepatan putaran terhadap persentase penyisihan COD searah hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai korelasi, yang berarti semakin besar kecepatan putaran maka persentase penyisihan COD semakin meningkat.

4.3.2 Analisis Korelasi Persentase Penyisihan TSS Dengan Waktu Operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran.

➤ Uji Korelasi persen penyisihan TSS dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7. Analisis Korelasi Antara % Penyisihan TSS Dengan Waktu Operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran

Correlations: presentase penyisihan TSS, waktu operasi, Variasi kecepatan putaran			
	presentase penyisihan TSS	waktu operasi	
waktu operasi	0.702		
	0.035		
Variasi kecepatan putaran	0.630	0.000	
	0.069	1.000	
Cell Contents: Pearson correlation P-Value			

Tabel 4.7 diketahui bahwa nilai korelasi antara waktu operasi terhadap penyisihan TSS sebesar 0,702. Artinya hubungan antara waktu operasi terhadap persentase penyisihan TSS kuat karena mendekati 1. Untuk nilai probabilitas antara waktu operasi terhadap persentase penyisihan TSS sebesar 0,035 ($< 0,05$) maka hipotesis (H_0) ditolak. Artinya nilai persentase penyisihan terhadap waktu operasi signifikan. Hubungan antara kedua variabel searah, hal ini di tunjukkan dengan nilai koefisien korelasi yang positif, yang berarti jika semakin besar waktu operasi maka semakin besar peningkatan persentase penyisihan TSS.

Nilai korelasi antara variasi kecepatan putaran terhadap persentase penyisihan TSS sebesar 0,630. Artinya hubungan antara variasi kecepatan putaran terhadap persentase penyisihan kuat karena mendekati 1. Untuk nilai probabilitas untuk variasi kecepatan putaran terhadap penyisihan TSS sebesar 0,069 ($> 0,05$) maka menerima hipotesis (H_0). Artinya nilai kecepatan putaran terhadap persentase penyisihan TSS tidak signifikan. Hubungan antara variasi kecepatan putaran terhadap persentase penyisihan TSS searah hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai korelasi, yang berarti semakin besar kecepatan putaran maka persentase penyisihan TSS semakin meningkat.

4.4 Analisis Regresi

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketepatan atau signifikansi prediksi dari hubungan/korelasi data. Pada analisis regresi terdapat uji t untuk menguji signifikansi konstanta dengan variabel bebas/prediktor.

- Dalam uji t untuk signifikansi konstanta dengan variabel bebas/prediktor terdapat :

Hipotesis

H_0 : koefisien regresi tidak signifikan

H_1 : koefisien regresi signifikan

Pengambilan keputusan

Untuk nilai t, berdasarkan pada perbandingan t hitung dengan t tabel

- Jika statistik hitung (angka t *output*) > statistik tabel (t tabel), H_0 ditolak.
- Jika statistik hitung (angka t *output*) < statistik tabel (t tabel), H_0 diterima

Untuk nilai Probabilitas

- Jika probabilitas > 0,05, H_0 diterima
- Jika probabilitas < 0,05, H_0 ditolak

4.4.1 Analisis Regresi Persentase Penyisihan COD Dengan Waktu Operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran.

➤ Uji Koefisien Regresi persen penyisihan COD dapat dilihat pada tabel 4.8

Tabel 4.8. Analisis Regresi Antara % Penyisihan COD Dengan Variasi Kecepatan Putaran dan Waktu operasi

Regression Analysis: presentase p versus Variasi kece, waktu operas						
The regression equation is						
persentase penyisihan COD = - 46.9 + 0.166 Variasi kecepatan putaran + 0.212 waktu operasi						
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF	
Constant	-46.91	16.90	-2.78	0.032		
Variasi kecepatan putaran	0.16568	0.03912	4.24	0.005	1.000	
waktu operasi	0.21207	0.08694	2.44	0.051	1.000	
S = 9.58268 R-Sq = 79.9% R-Sq(adj) = 73.2%						

- Keterangan :
- S = Standar deviasi model.
 - R-Sq (R^2) = Koefisien determinasi.
 - R-Sq (adj) = Koefisien determinasi yang disesuaikan.
 - T = Nilai statistik.
 - P = Nilai probabilitas
 - DF = Derajat bebas
 - SS = Variasi residual
 - MS = Mean Square
 - F = Nilai statistic Uji
 - P = Nilai probabilitas
 - VIF = Variance Inflation Factor

Pada tabel 4.8 dapat kita ketahui :

A. Analisis regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = - 46,9 + 0,166 X_1 + 0,212 X_2$$

Dimana :

Y = Persentase Penyisihan COD

X_1 = Variasi kecepatan putaran

X_2 = Waktu operasi

Tabel 4.8. dapat dilihat dari nilai VIF, yaitu sebesar 1,00. Apabila $VIF < 5$ maka tidak adanya multikolinear dalam model. Sehingga model regresi ini dikatakan sudah tepat. Berdasarkan hasil persamaan regresi diatas Y adalah persentase penyisihan COD (%), X_1 adalah kecepatan putaran sebesar 0,166 dan X_2 adalah waktu operasi sebesar 0,212. Artinya apabila waktu operasi meningkat sebesar 45 menit, maka presentase penyisihan yang dihasilkan rata-rata akan meningkat 0,212 kali dan apabila kecepatan putaran meningkat sebesar 100 rpm, maka presentase penyisihan yang dihasilkan rata-rata akan meningkat 0,166 kali. angka -46,9 % menunjukkan bahwa jika variasi kecepatan putaran dan waktu operasi bernilai konstan (0), maka presentase penyisihan COD adalah -46,9 %.

- B. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 79,9 %. Hal ini berarti persentase penyisihan konsentrasi COD dipengaruhi oleh variasi kecepatan putaran dan waktu operasi sedangkan sisanya 20,1% penurunan penyisihan COD dipengaruhi oleh faktor lainnya.
- C. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas
- Berdasarkan nilai t

Pada tabel 4.8 statistik t hitung output untuk variasi kecepatan putaran sebesar 4,24. Sedangkan untuk variasi waktu operasi sebesar 2,44. Dari tabel diketahui nilai $t_{(0,05,6)}$ adalah 1,943. Untuk variasi kecepatan putaran t hitung output > statistik t tabel maka kesimpulannya koefisien regresi signifikan. Untuk variasi waktu operasi t hitung output > statistik t tabel maka kesimpulannya koefisien regresi signifikan.
 - Berdasarkan probabilitas

Terlihat bahwa pada kolom signifikan untuk variasi kecepatan putaran sebesar 0,005. Sedangkan untuk variasi waktu operasi sebesar 0,051 . Untuk variasi kecepatan putaran probabilitasnya < 0,05 sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima atau koefisien regresi signifikan. Untuk variasi waktu operasi probabilitasnya > 0,05 sehingga H_0 diterima dan H_1 ditolak atau koefisien regresi tidak signifikan.

4.4.2 Analisis Regresi Persentase Penyisihan TSS Dengan Waktu Operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran

➤ Uji Koefisien Regresi persen penyisihan TSS dapat dilihat pada tabel 4.9

Tabel 4.9. Analisis Regresi Antara % Penyisihan TSS Dengan Variasi Kecepatan Putaran dan Waktu Operasi

Regression Analysis: persentase p versus Variasi kece, waktu operas						
The regression equation is						
persentase penyisihan TSS = - 56.1 + 0.129 Variasi kecepatan putaran + 0.321 waktu operasi						
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF	
Constant	-56.05	12.02	-4.66	0.003		
Variasi kecepatan putaran	0.12932	0.02783	4.65	0.004	1.000	
waktu operasi	0.32089	0.06185	5.19	0.002	1.000	
S = 6.82105 R-Sq = 89.0% R-Sq(adj) = 85.3%						

- Keterangan :
- S = Standar deviasi model.
 - R-Sq (R²) = Koefisien determinasi.
 - R-Sq (adj) = Koefisien determinasi yang disesuaikan.
 - T = Nilai statistik.
 - P = Nilai probabilitas
 - DF = Derajat bebas
 - SS = Variasi residual
 - MS = Mean Square
 - F = Nilai statistic Uji
 - P = Nilai probabilitas
 - VIF = Variance Inflation Factor

Pada tabel 4.10 dapat diketahui :

A. Analisis regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = - 56,1 + 0,129 X_1 + 0,321 X_2$$

Dimana :

Y = Persentase Penyisihan TSS

X₁ = Kecepatan putaran

X₂ = Waktu operasi

Tabel 4.9. dapat dilihat dari nilai VIF, yaitu sebesar 1,00. Apabila $VIF < 5$ maka tidak adanya multikolinear dalam model. Sehingga model regresi ini dikatakan sudah tepat. Berdasarkan hasil persamaan regresi diatas Y adalah persentase penyisihan COD (%), X_1 adalah kecepatan putaran sebesar 0,129 dan X_2 adalah waktu operasi sebesar 0,321. Artinya apabila waktu operasi meningkat sebesar 45 menit, maka presentase penyisihan yang dihasilkan rata-rata akan meningkat 0,321 kali dan apabila kecepatan putaran meningkat sebesar 100 rpm, maka presentase penyisihan yang dihasilkan rata-rata akan meningkat 0,129 kali. angka -56,1 % menunjukkan bahwa jika variasi kecepatan putaran dan waktu operasi bernilai konstan (0), maka presentase penyisihan COD adalah -56,1 %.

- D. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 89,0 %. Hal ini berarti persentase penyisihan konsentrasi COD dipengaruhi oleh variasi kecepatan putaran dan waktu operasi sedangkan sisanya 11 % penurunan penyisihan COD dipengaruhi oleh faktor lainnya.
- E. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas
- Berdasarkan nilai t

Pada tabel 4.10 statistik t hitung output untuk variasi kecepatan putaran sebesar 4,65. Sedangkan untuk variasi waktu operasi sebesar 5,19. Dari tabel diketahui nilai $t_{(0,05,6)}$ adalah 1,943. Untuk variasi kecepatan putaran t hitung output > statistik t tabel maka kesimpulannya koefisien regresi signifikan. Untuk variasi waktu operasi t hitung output > statistik t tabel maka kesimpulannya koefisien regresi signifikan.
 - Berdasarkan probabilitas

Terlihat bahwa pada kolom signifikan untuk variasi kecepatan putaran sebesar 0,004. Sedangkan untuk variasi waktu operasi sebesar 0,002 . Untuk variasi kecepatan putaran probabilitasnya < 0,05 sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima atau koefisien regresi signifikan. Untuk variasi waktu operasi probabilitasnya < 0,05 sehingga H_0 diterima dan H_1 ditolak atau koefisien regresi signifikan.

4.5 Analisis Anova

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh antara jenis dan variasi jarak antar elektroda terhadap persentase penyisihan COD dan TSS maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA. Dalam uji anova ini terdapat :

Hipotesis

H_0 : Ke - 3 rata - rata perlakuan sama.

H_1 : Ke - 3 rata - rata perlakuan tidak sama.

Pengambilan keputusan

Untuk nilai Probabilitas

- Jika probabilitas $> 0,05$, H_0 diterima
- Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak

Untuk nilai F

- Jika stasistik hitung (nilai F hitung) $>$ statistik tabel (tabel F), maka H_0 ditolak
- Jika stasistik hitung (nilai F hitung) $<$ statistik tabel (tabel F), maka H_0 diterima

4.5.1. Analisis Anova Persentase Penyisihan COD Dengan Waktu Operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran.

➤ Hasil uji ANOVA dengan minitab 15, persen penyisihan COD dapat dilihat pada tabel 4.10 dan 4.11.

Tabel 4.10. Uji Anova % Penyisihan COD Terhadap Variasi Kecepatan Putaran (rpm)

One-way ANOVA: presentase penyisihan COD versus Variasi kecepatan putaran					
Source	DF	SS	MS	F	P
Variasi kecepatan putara	2	2001	1000	8.07	0.020
Error	6	744	124		
Total	8	2744			

S = 11.13 R-Sq = 72.91% R-Sq(adj) = 63.88%

Keterangan :

DF	= Derajat Bebas	F	= Nilai Statistik Uji
SS	= Variasi Residual	P	= Nilai Probabilitas
MS	= Mean Square	Mean	= Nilai rata-rata

Berdasarkan tabel 4.10 nilai F hitung sebesar 8,07 dan jika dilihat dari tabel distribusi F, nilai $F_{(0,05,2,6)}$ adalah 19,33. Karena nilai F hitung lebih kecil dari nilai F tabel maka keputusannya adalah menerima hipotesis awal (H_0). Dengan nilai probabilitas 0,020 ($<0,05$), maka H_0 ditolak Artinya ketiga perlakuan pada waktu operasi adalah tidak sama atau ada perbedaan.

Tabel 4.11. Uji Anova % Penyisihan COD Terhadap Variasi Waktu Operasi (menit)

One-way ANOVA: presentase penyisihan COD versus waktu operasi					
Source	DF	SS	MS	F	P
waktu operasi	2	563	281	0.77	0.503
Error	6	2182	364		
Total	8	2744			

S = 19.07 R-Sq = 20.50% R-Sq (adj) = 0.00%

Keterangan :

DF	= Derajat Bebas	F	= Nilai Statistik Uji
SS	= Variasi Residual	P	= Nilai Probabilitas
MS	= Mean Square	Mean	= Nilai rata-rata

Berdasarkan Tabel 4.11 nilai F hitung sebesar 0,77 dan jika dilihat dari tabel distribusi F, nilai $F_{(0,05,2,6)}$ adalah 19,33. Karena nilai F hitung lebih kecil dari nilai F tabel maka keputusannya adalah menerima hipotesis awal (H_0). Dengan nilai probabilitas 0,503 ($>0,05$), maka H_0 diterima Artinya ketiga perlakuan pada waktu operasi adalah sama atau tidak ada perbedaan.

4.5.1. Analisis Anova Persentase Penyisihan TSS Dengan Waktu Operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran

- Hasil uji ANOVA dengan minitab 15, persen penyisihan TSS dapat dilihat pada tabel 4.12 dan 4.13.

Tabel 4.12. Uji Anova % Penyisihan TSS Terhadap Variasi Kecepatan Putaran (rpm)

One-way ANOVA: persentase penyisihan TSS versus Variasi kecepatan putaran					
Source	DF	SS	MS	F	P
Variasi kecepatan putara	2	1047	523	2.11	0.203
Error	6	1489	248		
Total	8	2536			

S = 15.76 R-Sq = 41.27% R-Sq(adj) = 21.70%

Keterangan :

DF	= Derajat Bebas	F	= Nilai Statistik Uji
SS	= Variasi Residual	P	= Nilai Probabilitas
MS	= Mean Square	Mean	= Nilai rata-rata

Berdasarkan Tabel 4.12 nilai F hitung sebesar 2,11 dan jika dilihat dari tabel distribusi F, nilai $F_{(0.05,2,6)}$ adalah 19,33. Karena nilai F hitung lebih kecil dari nilai F tabel maka keputusannya adalah menerima hipotesis awal (H_0). Dengan nilai probabilitas 0,203 ($>0,05$), maka H_0 diterima Artinya ketiga perlakuan pada waktu operasi adalah sama atau tidak ada perbedaan.

Tabel 4.13. Uji Anova % Penyisihan TSS Terhadap Waktu Operasi

One-way ANOVA: presentase penyisihan TSS versus waktu operasi					
Source	DF	SS	MS	F	P
waktu operasi	2	1332	666	3.32	0.107
Error	6	1204	201		
Total	8	2536			

S = 14.17 R-Sq = 52.52% R-Sq(adj) = 36.69%

Keterangan :	DF	= Derajat Bebas	F	= Nilai Statistik Uji
	SS	= Variasi Residual	P	= Nilai Probabilitas
	MS	= Mean Square	Mean	= Nilai rata-rata

Berdasarkan Tabel 4.13 nilai F hitung sebesar 3,32 dan jika dilihat dari tabel distribusi F, nilai $F_{(0,05,2,6)}$ adalah 19,33. Karena nilai F hitung lebih kecil dari nilai F tabel maka keputusannya adalah menerima hipotesis awal (H_0). Dengan nilai probabilitas 0,107 ($>0,05$), maka H_0 diterima Artinya ketiga perlakuan pada waktu operasi adalah sama atau tidak ada perbedaan.

4.6. Pembahasan Pengolahan Limbah Cair Menggunakan Elektrokoagulasi Konfigurasi Bipolar Aliran Kontinyu

4.6.1. Pengaruh variasi kecepatan putaran dan waktu operasi Terhadap Penyisihan Konsentrasi COD

Pada uji anova, variasi kecepatan putaran terhadap penyisihan konsentrasi COD adalah tidak sama atau ada perbedaan pada ketiga perlakuan variasi kecepatan putaran. Perbedaan ini menyatakan bahwa dalam variasi kecepatan putaran mempunyai range yang cukup untuk membedakan persentase penyisihan COD. Selain itu pada uji korelasi menunjukkan pengaruh kecepatan putaran terhadap persen penyisihan konsentrasi COD adalah signifikan dan nilai positif pada hubungan kecepatan putaran terhadap persen penyisihan COD menunjukkan hubungan yang searah. Hasil analisa regresi menunjukkan hal yang sama, dengan tidak adanya model multikolinear atau nilai koefisien regresi positif, sama dengan output korelasi. Koefisien regresi antara variasi kecepatan putaran terhadap persen penyisihan COD signifikan. Hasil analisis uji statistik diatas dapat diketahui bahwa jika kecepatan putaran semakin cepat akan terjadi peningkatan persentase penyisihan COD. Pada analisa deskriptif dapat dilihat persentase penyisihan tertinggi terjadi pada kecepatan putaran 400 rpm pada menit ke 180 yaitu sebesar 56,18 % dan persentase penyisihan terendah terjadi pada kecepatan putaran 200 rpm menit ke 90 yaitu sebesar 5,58 %. Persentase penurunan COD pada kecepatan

putaran 200 rpm terlihat masih rendah, sedangkan pada kecepatan putaran 400 rpm menunjukkan persentase penyisihan COD yang tinggi. Hal ini disebabkan pada kecepatan putaran yang kecil akan menghasilkan turbulensi yang lemah untuk mendispersikan aluminium dalam limbah tahu agar mengikat zat organik penyebab COD yang tinggi dalam limbah (Masduqi, 2002). Turbulensi yang dihasilkan dengan kecepatan putaran 400 rpm terlihat mampu atau kuat untuk mendispersikan aluminium dalam limbah untuk mengikat bahan pencemar atau zat organik dalam limbah tahu. Selain itu turbulensi yang dihasilkan oleh kecepatan putaran membantu proses pemecahan emulsi atau pemisahan bahan organik seperti protein, karbohidrat dan minyak penyebab COD yang tinggi pada air limbah tahu sehingga bahan-bahan organik dapat terikat dengan aluminium yang larut dalam limbah (Mollah, et. Al). Konsentrasi COD dalam limbah tahu disebabkan material organik yang sebagian besar berupa material protein, karbohidrat dan minyak. COD merupakan bahan organik kompleks yang sulit untuk diuraikan sehingga dalam pengolahannya juga diperlukan suatu pengolahan yang khusus. Pada proses elektrokoagulasi akan terjadi pelepasan Al^{3+} dari pelat anoda sehingga membentuk flok $Al(OH)_3$ yang mampu mengikat zat organik yang merupakan partikel koloid bermuatan negatif (-) penyebab COD dan TSS yang tinggi pada limbah tahu. Selain itu penurunan bahan organik dalam hal ini COD pada proses elektrokoagulasi, dapat teradsorpsi pada permukaan partikel sehingga terbentuk permukaan yang hidropobik yang menyebabkan partikel dalam air limbah akan naik ke permukaan dengan bantuan gelembung gas yang terbentuk (Hudori, 2008). Penyisihan COD terjadi akibat proses flotasi, dimana pada katoda akan terbentuk gas H_2 dan pada anoda akan terbentuk gas O_2 . Pembentukan oksigen pada anoda dapat dilihat pada reaksi berikut:



Pembentukan oksigen di anoda menyebabkan meningkatnya suplai oksigen pada air limbah (Hudori, 2008). Suplai oksigen merupakan faktor yang sangat berperan dalam penurunan konsentrasi COD (Alaerts dan Santika, 1987).

Pada uji anova untuk variasi waktu operasi terhadap penyisihan konsentrasi COD adalah sama atau tidak ada perbedaan pada ketiga perlakuan variasi waktu operasi. Perbedaan ini menyatakan bahwa dalam variasi waktu operasi tidak mempunyai range yang cukup untuk membedakan persen penyisihan COD. Selain itu pada uji korelasi menunjukkan pengaruh waktu operasi terhadap persen penyisihan konsentrasi COD adalah tidak signifikan dan nilai positif pada hubungan waktu operasi terhadap persen penyisihan COD menunjukkan hubungan yang searah. Hasil analisa regresi menunjukkan hal yang sama, dengan tidak adanya model multikolinear atau nilai koefisien regresi positif, sama dengan output korelasi. Koefisien regresi antara variasi waktu operasi terhadap persen penyisihan COD tidak signifikan. Hasil analisis uji statistik diatas dapat diketahui bahwa pengaruh waktu operasi terhadap persentase penyisihan COD tidak signifikan. Pada analisa deskriptif dapat dilihat persentase penyisihan tertinggi terjadi pada menit ke 180 dengan kecepatan putaran 400 rpm yaitu sebesar 56,18 % dan persentase penyisihan terendah terjadi pada menit ke 90 dengan kecepatan putaran 200 rpm yaitu sebesar 5,58 %. Interval waktu operasi yang digunakan antara tiap waktu operasi yang tidak berbeda mengakibatkan persen penyisihan konsentrasi COD mempunyai pengaruh yang lemah dalam menurunkan kandungan COD pada limbah tahu. Lamanya waktu operasi berfungsi untuk memberikan waktu untuk proses flokulasi dan sedimentasi setelah proses pengadukan cepat dengan elektroda, selanjutnya flok yang telah terbentuk pada bak pengadukan cepat dengan elektroda dapat saling mengikat membentuk flok-flok yang lebih besar agar bisa mengendap pada bak sedimentasi. Pengaruh interval waktu operasi yang lemah terhadap penyisihan COD disebabkan konsentrasi COD yang tinggi pada limbah tahu, sehingga waktu operasi yang digunakan untuk proses pengolahan limbah tahu mulai dari proses peluruhan aluminium sebagai koagulan dalam proses koagulasi, pembentukan flok yang lebih besar pada proses flokulasi serta proses sedimentasi untuk mengendapkan flok yang telah terbentuk, tidak mampu atau kurang untuk meremoval konsentrasi COD yang tinggi pada limbah tahu.

Hasil analisis regresi penyisihan konsentrasi COD limbah tahu dipengaruhi oleh variasi kecepatan putaran dan waktu operasi. Hal ini diperkuat dengan nilai R square sebesar 79,9 %.

Konsentrasi COD terendah pada elektrokoagulasi bipolar aliran kontinyu dengan variasi kecepatan putaran 400 rpm dan waktu operasi ke menit 180 yaitu sebesar 3415,6 mg/l dengan persen penyisihan COD sebesar 56,18 %, hal ini menunjukkan persen penyisihan konsentrasi COD sudah memenuhi efisiensi penyisihan COD dengan menggunakan elektrokoagulasi bipolar aliran kontinyu, telah mencukupi kemampuan penyisihan COD yang dilihat dari persen removal COD untuk sedimentasi menggunakan koagulan yaitu 30-40% (Metcalf dan Eddy, 1991). Jika dibandingkan dengan Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur berdasarkan Keputusan Gubernur Jawa Timur No: 45 Tahun 2002 Lampiran II dimana COD sebesar 300 mg/L maka, hasil pengolahan limbah tahu menggunakan elektrokoagulasi bipolar aliran kontinyu dalam penelitian ini belum memenuhi standar baku mutu limbah cair. Kurang efektifnya pengolahan limbah tahu menggunakan elektrokoagulasi bipolar aliran kontinyu dalam penelitian ini disebabkan karena konsentrasi COD yang tinggi pada limbah tahu sehingga waktu operasi yang dibutuhkan untuk meremoval konsentrasi COD pada limbah tidak mampu atau kurang. Disamping itu lebar plat elektroda yang kurang luas menghasilkan aluminium sebagai koagulan tidak sebanding dengan kandungan bahan organik yang tinggi pada limbah, sehingga proses oksidasi elektrolisis pada elektroda tidak maksimal dalam menyuplai oksigen oleh anoda yang dimana oksigen sangat berperan dalam penurunan konsentrasi COD (Alaerts dan Santika, 1987).

4.6.2. Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran Dan Waktu Operasi Terhadap Penyisihan Konsentrasi TSS

Pada uji anova, variasi kecepatan putaran terhadap penyisihan konsentrasi TSS adalah sama atau tidak ada perbedaan pada ketiga perlakuan variasi kecepatan putaran. Perbedaan ini menyatakan bahwa dalam variasi kecepatan putaran tidak mempunyai range yang cukup untuk membedakan persentase penyisihan TSS. Selain itu pada uji korelasi menunjukkan pengaruh kecepatan putaran terhadap persen penyisihan konsentrasi TSS adalah tidak signifikan dan nilai positif pada hubungan kecepatan putaran terhadap persen penyisihan TSS menunjukkan hubungan yang searah. Hasil analisa regresi menunjukkan hal yang sama, dengan tidak adanya model multikolinear atau nilai koefisien regresi positif, sama dengan output korelasi. Koefisien regresi antara variasi kecepatan putaran terhadap persen penyisihan TSS signifikan. Hasil analisis uji statistik diatas dapat diketahui bahwa pengaruh variasi kecepatan putaran terhadap penyisihan TSS lemah atau tidak signifikan. Pada analisa deskriptif persentase penyisihan tertinggi terjadi pada kecepatan putaran 400 rpm pada menit ke 180 yaitu sebesar 60,48 % dan persentase penyisihan terendah terjadi pada kecepatan putaran 200 rpm menit ke 90 yaitu sebesar 2,62 %. Persentase penurunan TSS pada kecepatan putaran 200 rpm terlihat masih rendah, sedangkan pada kecepatan putaran 400 rpm menunjukkan persentase penyisihan TSS yang tinggi. hal ini disebabkan pada kecepatan putaran yang kecil akan menghasilkan turbulensi yang lemah untuk mendispersikan aluminium dalam limbah tahu agar mengikat zat organik penyebab TSS dan COD yang tinggi dalam limbah. Turbulensi yang dihasilkan dengan kecepatan putaran 400 rpm terlihat mampu atau kuat untuk mendispersikan aluminium dalam limbah untuk mengikat bahan pencemar atau zat organik dalam limbah tahu, sehingga TSS yang dihasilkan pada kecepatan putaran 400 rpm lebih tinggi dari pada kecepatan putaran 200 dan 300 rpm.

TSS merupakan zat padat total (partikel solid) yang bersifat organik dan anorganik. Pada proses elektrokoagulasi dapat menurunkan konsentrasi TSS cukup tinggi. Ini disebabkan karena pada proses elektrokoagulasi akan terjadi

pelepasan Al^{3+} dari pelat anoda sehingga membentuk flok $Al(OH)_3$ yang mampu mengikat TSS yang merupakan partikel koloid bermuatan negatif (-) sehingga dapat mengendap secara gravitasi (Suaib, 1994). Setelah proses elektrokoagulasi dilanjutkan dengan proses flokulasi dimana terjadi penggabungan inti flok yang membentuk flok yang berukuran lebih besar sehingga zat organik penyebab TSS sudah mulai dapat mengendap. Kemudian dilanjutkan dengan proses sedimentasi dimana selama proses ini, partikel flokulen mendapatkan waktu untuk mengendap secara gravitasi.

Pada uji anova untuk variasi waktu operasi terhadap penyisihan konsentrasi TSS adalah sama atau tidak ada perbedaan pada ketiga perlakuan variasi waktu operasi. Perbedaan ini menyatakan bahwa dalam variasi waktu operasi tidak mempunyai range yang cukup untuk membedakan persen penyisihan TSS. Selain itu pada uji korelasi menunjukkan pengaruh waktu operasi terhadap persen penyisihan konsentrasi TSS adalah signifikan dan nilai positif pada hubungan waktu operasi terhadap persen penyisihan COD menunjukkan hubungan yang searah. Hasil analisa regresi menunjukkan hal yang sama, dengan tidak adanya model multikolinear atau nilai koefisien regresi positif, sama dengan output korelasi. Koefisien regresi antara variasi waktu operasi terhadap persen penyisihan TSS signifikan. Hasil analisis uji statistik diatas dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan presentase penyisihan TSS jika waktu operasi semakin lama. Pada analisa deskriptif dapat dilihat persentase penyisihan tertinggi terjadi pada menit ke 180 dengan kecepatan putaran 400 rpm yaitu sebesar 60,48 % dan persentase penyisihan terendah terjadi pada menit ke 90 dengan kecepatan putaran 200 rpm yaitu sebesar 2,62 %. Hal ini disebabkan dengan waktu operasi yang digunakan semakin lama memberikan kesempatan pada air limbah untuk mengalami proses elektrokoagulasi, flokulasi, dan sedimentasi yang lama juga sehingga telah terjadi pengendapan partikel flokulen, terjadi interaksi antar partikel sehingga ukuran meningkat dan kecepatan pengendapan bertambah sehingga penyisihan TSS juga meningkat. Lamanya waktu operasi berfungsi untuk memberikan waktu untuk proses flokulasi dan sedimentasi setelah proses

pengadukan cepat dengan elektroda, selanjutnya flok yang telah terbentuk pada bak pengadukan cepat dengan elektroda dapat saling mengikat membentuk flok-flok yang lebih besar agar bisa mengendap pada bak sedimentasi.

Hasil analisis regresi penyisihan konsentrasi TSS limbah tahu dipengaruhi oleh variasi kecepatan putaran dan waktu operasi. Hal ini diperkuat dengan nilai R square sebesar 89 %.

Konsentrasi TSS terendah pada elektrokoagulasi bipolar aliran kontinyu dengan variasi kecepatan putaran 400 rpm dan waktu operasi ke menit 180 yaitu sebesar 367,13 mg/l dengan persen penyisihan TSS sebesar 60,48 %. hal ini menunjukkan persen penyisihan konsentrasi TSS sudah memenuhi efisiensi penyisihan TSS dengan menggunakan elektrokoagulasi bipolar aliran kontinyu, telah mencukupi kemampuan penyisihan TSS yang dilihat dari persen removal TSS untuk sedimentasi menggunakan koagulan yaitu 50-65% (Metcalf dan Eddy, 1991). Jika dibandingkan dengan Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur berdasarkan Keputusan Gubernur Jawa Timur No: 45 Tahun 2002 Lampiran II dimana TSS sebesar 100 mg/L maka, hasil pengolahan limbah tahu menggunakan elektrokoagulasi bipolar aliran kontinyu belum memenuhi standar baku mutu limbah cair. Kurang efektifnya pengolahan limbah tahu menggunakan elektrokoagulasi bipolar aliran kontinyu dalam penelitian ini disebabkan karena konsentrasi TSS yang tinggi pada limbah tahu sehingga waktu operasi yang dibutuhkan untuk meremoval konsentrasi TSS pada limbah belum mampu atau kurang dan lebar plat elektroda yang kurang luas sehingga menghasilkan aluminium sebagai koagulan dalam proses koagulasi yang tidak sebanding dengan kandungan bahan organik yang tinggi pada limbah.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Tingkat penurunan konsentrasi COD dan TSS menggunakan elektrokoagulasi konfigurasi bipolar aliran kontinu pada penelitian ini mampu meremoval kandungan konsentrasi COD sebesar 56,18% dengan konsentrasi akhir COD adalah 3415,6 mg/l dari kadar konsentrasi awal COD yaitu 7483,6 mg/l. Sedangkan pada konsentrasi TSS, mampu meremoval kandungan konsentrasi TSS sebesar 60,48% dengan konsentrasi akhir TSS adalah 367,13 mg/l dari konsentrasi awal TSS yaitu 775,23 mg/l.
2. Penurunan konsentrasi COD terkecil pada elektrokoagulasi konfigurasi bipolar aliran kontinu dengan kecepatan putaran 200 rpm pada waktu operasi menit ke 90 yaitu sebesar 5,58 % atau konsentrasi penyisihan COD sebesar 518,1 mg/l. Penurunan konsentrasi TSS terkecil pada elektrokoagulasi konfigurasi bipolar aliran kontinu dengan kecepatan putaran 200 rpm pada waktu operasi menit ke 90 yaitu sebesar 2,62 % atau konsentrasi penyisihan TSS sebesar 20,3 mg/l. Penurunan konsentrasi COD terbesar pada elektrokoagulasi konfigurasi bipolar aliran kontinu dengan kecepatan putaran 400 rpm pada waktu operasi menit ke 180 sebesar 56,18% atau konsentrasi penyisihan COD sebesar 4379,43 mg/l. Penurunan konsentrasi TSS terbesar pada elektrokoagulasi dengan kecepatan putaran 400 rpm pada waktu operasi menit ke 180 sebesar 60,48 % atau konsentrasi penyisihan TSS sebesar 308,73 mg/l.

5.2. Saran

Saran yang dapat diusulkan sehubungan dengan penelitian lebih lanjut adalah :

- a. Perlu penelitian yang lebih lanjut dengan menambah waktu operasi proses elektrokoagulasi untuk memperoleh tingkat penyisihan COD dan TSS yang lebih besar.
- b. Perlu penelitian lebih lanjut tentang pengaruh luasan elektroda terhadap proses koagulasi.
- c. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan parameter lain pada air limbah tahu seperti BOD, minyak, pH dan Suhu.
- d. Perlu adanya *pretreatment* atau pengolahan pendahuluan sebelum dilakukan pengolahan dikarenakan konsentrasi COD dan TSS yang tinggi pada limbah.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G dan Santika, S.S, 1987. Metode Penelitian Air. Penerbit Usaha Nasional. Surabaya.
- Anonim, 2006. Proses pembuatan tahu. ITP-FTP UB. <http://lordbroken.files.wordpress.com>. 06/2/2010, 22.10
- Anonim, 2002. Keputusan Gubernur Jawa Timur No.45 Tahun 2002. Baku mutu limbah cair industri tahu. Propinsi Jawa timur
- Ardhani, Aristya Fitri. 2007. Penanganan Limbah Cair Rumah Potong Hewan Dengan Metode Elektrokoagulasi. Skripsi Teknik Kimia. Universitas Diponegoro.
- Farooqui. MS, 2004. Combined Ellectrocoagulation processes for the treatment of municipal wastewater. Civil Engineering.
- Holt. P.K, Barton. G.W, and Mitchell. C.A, 2001. Electrocoagulation As Wastewater Treatment. University Sydney. Journal Hazard Material. New South Wales.
- Iriawan, N dan Astuti, P, S, 2006. *Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*. Andi. Yogyakarta
- Masduqi, A dan Slamet, A. 2002. Satuan Operasi. Jurusan Teknik Lingkungan - FTSP. ITS. Surabaya
- Mollah. M, Schennach. R, Parga. JR, Cocke. DL, 2004. Fundamentals Present and Future Prespective of Electrocoagulation. Manterial science. Journal Hazard Material. Mesico.
- Nurhasan, Pramudyanto. Bb, 1991. Penanganan Air Limbah Pabrik Tahu. Yayasan Bina Karya Lestari. Jakarta.
- Rohaitin. A, Rizki. A. K, 2007. Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH) dengan Cara Elektrokoagulasi Aliran Kontinyu. Skripsi Teknik Kimia. Universitas Diponegoro..
- Sarwono. B, Saragih. YP, 2001. Membuat aneka tahu. Penebar swadaya. Jakarta.
- Tygita. A.P, 2010. Perbandingan Efektifitas *Lemna Minor* Dan *Hydrilla Verticillata* Dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu. PKM Teknik Lingkungan. ITN Malang.

Sandy. A.P. 2009. Penurunan COD Dan TSS Pada Limbah Cair Menggunakan Elektrokoagulasi Konfigurasi monopolar Aliran Kontinyu. Skripsi Teknik Lingkungan. ITN Malang.

LAMPIRAN

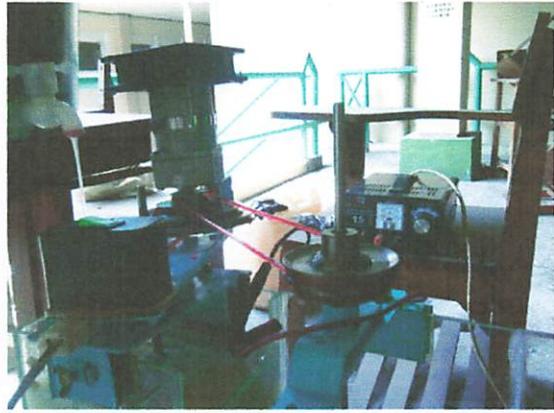
- A. DOKUMENTASI
- B. HASIL ANALISIS
- C. METODE ANALISA
PARAMETER

Lampiran A
Dokumentasi

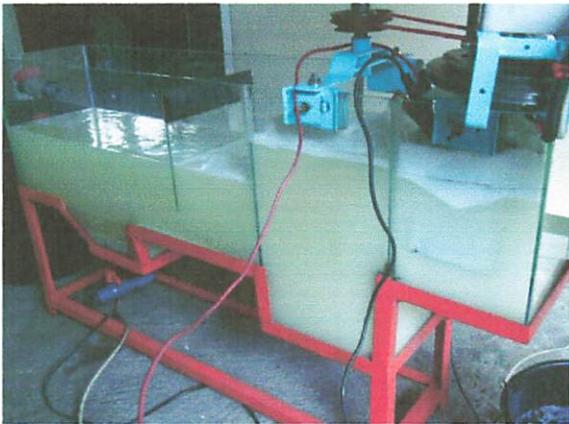
Pengaturan Debit



Motor pengaduk dan DC



Operasional ALat Elektrokuagulasi



sedimen pada bak sedimentasi



Pengambilan sampel



Lampiran B
Hasil Analisis

SERTIFIKAT CERTIFICATE

Nomor : 535-1 S/LKA MLG/XII/2010

IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama : *Ismid Achmad*
Name

Alamat : *Jl. Terusan Sigura-gura C 334 Malang*
Address

Halaman 1 dari 2

Page 1 of 2

IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji : *Ext. K128 - K139/PC/XI/2010/128 - 139*
Sample Code

Jenis Contoh Uji : *Air Limbah*
Type of Sample

Lokasi Pengambilan Contoh Uji : *Air Limbah Tahu*
Sampling Location

Petugas Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Done By

Tgl/ Jam Pengambilan Contoh Uji : -
Date Time of Sampling

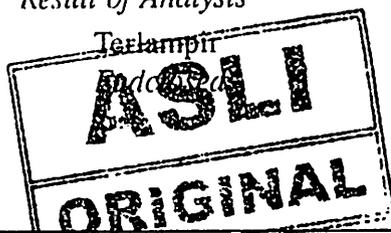
Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji : *26 Nopember 2010* Jam *17:10 WIB*
Date Time of Sample Receiving in Laboratory

Kondisi Contoh Uji : -
Sample Condition (s)

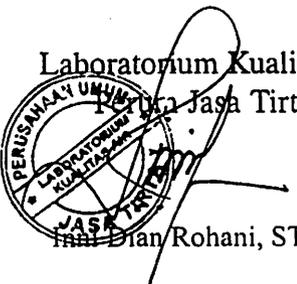
HASIL ANALISA

Result of Analysis

Diterbitkan Di/ Tanggal : *Malang, 13 Desember 2010*
Place/ Date of Issue



Contoh uji diambil oleh *Ismid Achmad*
Tanggal, *26 Nopember 2010*

Laboratorium Kualitas Air
Perum Jasa Tirta I

Dian Rohani, ST

Kepala Laboratorium
Head of Laboratory



LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
 Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 395134
 E-mail : laboratorium@jasatirta 1.go.id



Laboratorium Pengujian
 LP - 227 - IDN

Nomor : 535-1 S/LKA MLG /XII/2010

Halaman 2 dari 3
 Page 2 of 3

Kode Contoh Uji : Ext. K128-K133/PC/XI/2010/128 - 133
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 26 Nopember - 10 Desember 2010
Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Standar Baku mutu *)	Keterangan
Air Limbah Tabu						
1	TC 0 (400 rpm) I					
	COD	mg/l.	7792,4	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/l.	676,4	APHA. 2540 D-2005	100	-
2	TC 0 (400 rpm) II					
	COD	mg/l.	7796,9	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/l.	679,6	APHA. 2540 D-2005	100	-
3	TC 0 (400 rpm) III					
	COD	mg/l.	7795,8	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/l.	671,6	APHA. 2540 D-2005	100	-
4	TC 90 (400 rpm) I					
	COD	mg/l.	3875,1	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/l.	517,6	APHA. 2540 D-2005	100	-
5	TC 90 (400 rpm) II					
	COD	mg/l.	3875,6	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/L	516,4	APHA. 2540 D-2005	100	-
6	TC 90 (400 rpm) III					
	COD	mg/L	3871,3	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/L	510,4	APHA. 2540 D-2005	100	-

*) Standar Baku Mutu sesuai dengan : SK. Gub. No. 45/2002 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau
Threshold Value fully adopted from Kegiatan usaha lainnya di Jawa timur



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
 Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

*This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from
 Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation*

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation

Nomor : 531-1 S/LKA MLG /XII/2010

Halaman 3 dari 3
Page 3 of 3

Kode Contoh Uji : Ext. K128-K133/PC/XI/2010/128 - 133
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 26 Nopember - 10 Desember 2010
Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Standar Baku mutu *)	Keterangan
Air Limbah Tahu						
1	TC 135 (400 rpm) I					
	COD	mg/L.	3831	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/L.	486,4	APHA. 2540 D-2005	100	-
2	TC 135 (400 rpm) II					
	COD	mg/L.	3836,5	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/L.	485,6	APHA. 2540 D-2005	100	-
3	TC 135 (400 rpm) III					
	COD	mg/L.	3839,8	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/L.	484,4	APHA. 2540 D-2005	100	-
4	TC 180 (400 rpm) I					
	COD	mg/L.	3417,2	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/L.	367,2	APHA. 2540 D-2005	100	-
5	TC 180 (400 rpm) II					
	COD	mg/L.	3418,7	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/L.	366,6	APHA. 2540 D-2005	100	-
6	TC 180 (400 rpm) III					
	COD	mg/L.	3410,9	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/L.	367,6	APHA. 2540 D-2005	100	-

*) Standar Baku Mutu sesuai dengan : SK. Gub. No. 45/2002 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau
Threshold Value fully adopted from Kegiatan usaha lainnya di Jawa timur

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1

*This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from
Water Quality Laboratory of Jasa Tirta 1 Public Corporation*

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta 1 Public Corporation

SERTIFIKAT CERTIFICATE

Nomor : 531-1 S/LKA MLG/XII/2010

IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama
Name

: *Ismid Achmad*

Alamat
Address

: *Jl. Terusan Sigura-gura C 334 Malang*

Halaman 1 dari 2

Page 1 of 2

IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji
Sample Code

: Ext. K113 - K124/PC/XI/2010/113 - 124

Jenis Contoh Uji
Type of Sample

: Air Limbah

Lokasi Pengambilan Contoh Uji
Sampling Location

: *Air Limbah Tahu*

Petugas Pengambilan Contoh Uji
Sampling Done By

: -

Tgl/ Jam Pengambilan Contoh Uji
Date Time of Sampling

: -

Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji
Date Time of Sample Receiving in Laboratory

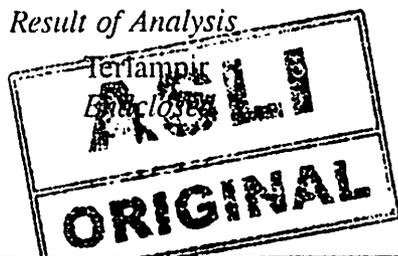
: 25 Nopember 2010 Jam 17:10 WIB

Kondisi Contoh Uji
Sample Condition (s)

: -

HASIL ANALISA

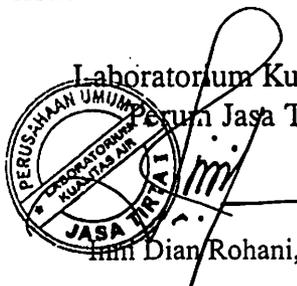
Result of Analysis



Diterbitkan Di/ Tanggal : Malang, 10 Desember 2010
Place/ Date of Issue

Contoh uji diambil oleh Ismid Achmad
Tanggal, 25 Nopember 2010

Laboratorium Kualitas Air
Perum Jasa Tirta I



Ismi Dian Rohani, ST

Kepala Laboratorium
Head of Laboratory

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang diperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from
Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

Nomor : 531-1 S/LKA MLG /XII/2010

Halaman 2 dari 3
 Page 2 of 3

Kode Contoh Uji : Ext. K113-K118/PC/XI/2010/113 - 118
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 25 Nopember - 08 Desember 2010
Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Standar Baku mutu *)	Keterangan
Air Limbah Tahu						
1	TC 0 (300 rpm) I					
	COD	mg/L	6632,8	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
2	TSS	mg/L	906	APHA. 2540 D-2005	100	-
	TC 0 (300 rpm) II					
3	COD	mg/L	6636	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/L	908,8	APHA. 2540 D-2005	100	-
4	TC 0 (300 rpm) III					
	COD	mg/L	6638,1	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
5	TSS	mg/L	909,4	APHA. 2540 D-2005	100	-
	TC 90 (300 rpm) I					
6	COD	mg/L	6268	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/L	774,4	APHA. 2540 D-2005	100	-
7	TC 90 (300 rpm) II					
	COD	mg/L	6260,8	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
8	TSS	mg/L	775,4	APHA. 2540 D-2005	100	-
	TC 90 (300 rpm) III					
9	COD	mg/L	6265,4	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/L	772,8	APHA. 2540 D-2005	100	-

*) Standar Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value fully adopted from

: SK. Gub. No. 45/2002 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau
 Kegiatan usaha lainnya di Jawa Timur



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
 Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

*This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from
 Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation*

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation



LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
 Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 395134
 E-mail : laboratorium@jasatirta 1.go.id



Nomor : 531-1 S/LKA MLG /XII/2010

Halaman 3 dari 3
Page 3 of 3

Kode Contoh Uji : Ext. K113-K118/PC/XI/2010/113 - 118
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 25 Nopember - 08 Desember 2010
Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Standar Baku mutu *)	Keterangan
Air Limbah Tahu						
1	TC 135 (300 rpm) I					
	COD	mg/l.	4733,8	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/l.	672,8	APHA. 2540 D-2005	100	-
2	TC 135 (300 rpm) II					
	COD	mg/l.	4736,6	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/l.	676,4	APHA. 2540 D-2005	100	-
3	TC 135 (300 rpm) III					
	COD	mg/l.	4737,3	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/l.	670,8	APHA. 2540 D-2005	100	-
4	TC 180 (300 rpm) I					
	COD	mg/l.	4417,2	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/l.	489,2	APHA. 2540 D-2005	100	-
5	TC 180 (300 rpm) II					
	COD	mg/l.	4413,5	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/l.	483,2	APHA. 2540 D-2005	100	-
6	TC 180 (300 rpm) III					
	COD	mg/l.	4414,8	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/l.	482,2	APHA. 2540 D-2005	100	-

*) Standar Baku Mutu sesuai dengan : SK. Gub. No. 45/2002 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau
 Threshold Value fully adopted from Kegiatan usaha lainnya di Jawa timur



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta 1 Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta 1 Public Corporation



LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 395134
E-mail : laboratorium@jasatirta1.co.id



SERTIFIKAT CERTIFICATE

Nomor : 526-1 S/LKA MLG/XII/2010

Halaman 1 dari 2
Page 1 of 2

IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama : *Ismid Achmad*
Name

Alamat : *Jl. Terusan Sigura-gura C 334 Malang*
Address

IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji : *Ext. K94 - K105/PC/XI/2010/94 - 105*
Sample Code

Jenis Contoh Uji : *Air Limbah*
Type of Sample

Lokasi Pengambilan Contoh Uji : *Air Limbah Tahu*
Sampling Location

Petugas Pengambilan Contoh Uji : *-*
Sampling Done By

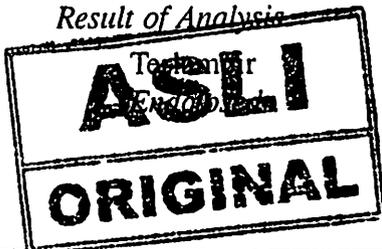
Tgl/ Jam Pengambilan Contoh Uji : *-*
Date Time of Sampling

Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji : *24 Nopember 2010* Jam *10:50 WIB*
Date Time of Sample Receiving in Laboratory

Kondisi Contoh Uji : *-*
Sample Condition (s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis



Diterbitkan Di/ Tanggal : *Malang, 09 Desember 2010*
Place/ Date of Issue

Contoh uji diambil oleh *Ismid Achmad*
Tanggal, *24 Nopember 2010*

Laboratorium Kualitas Air
Perusahaan Jasa Tirta I



Kepala Laboratorium
Head of Laboratory

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang diperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from
Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation



LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
 Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 395134
 E-mail : laboratorium@jasatirta 1.go.id



Nomor : 526-1 S/LKA MLG/XII/ 2010

Halaman 2 dari 3
 Page 2 of 3

Kode Contoh Uji : Ext. K94-K99/PC/XI/2010/94 - 99
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 24 Nopember - 06 Desember 2010
Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Standar Baku mutu *)	Keterangan
Air Limbah Tahu						
1	TC 0 (200 rpm) I					
	COD	mg/L	7481,7	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/L	774,4	APHA. 2540 D-2005	100	-
2	TC 0 (200 rpm) II					
	COD	mg/L	7480,6	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/L	772,8	APHA. 2540 D-2005	100	-
3	TC 0 (200 rpm) III					
	COD	mg/L	7488,5	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/L	778,5	APHA. 2540 D-2005	100	-
4	TC 90 (200 rpm) I					
	COD	mg/L	6963,8	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/L	755,6	APHA. 2540 D-2005	100	-
5	TC 90 (200 rpm) II					
	COD	mg/L	6968,3	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/L	758,8	APHA. 2540 D-2005	100	-
6	TC 90 (200 rpm) III					
	COD	mg/L	6964,5	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/L	750,4	APHA. 2540 D-2005	100	-

*) Standar Baku Mutu sesuai dengan : SK. Gub. No. 45/2002 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau
Threshold Value fully adopted from Kegiatan usaha lainnya di Jawa timur



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation

Nomor : 526-1 S/LKA MLG/XII/ 2010

Halaman 3 dari 3

Page 3 of 3

Kode Contoh Uji
Sample Code : Ext. K100-K105/PC/XI/2010/100-105

Metode Pengambilan Contoh Uji
Sampling Method : -

Tempat Analisa
Place of Analysis : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang

Tanggal Analisa
Testing Date(s) : 24 Nopember - 06 Desember 2010

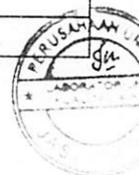
HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Standar Baku mutu *)	Keterangan
Air Limbah Tahu						
1	TC 135 (200 rpm) I					
	COD	mg/L	5947,1	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/L	687,6	APHA. 2540 D-2005	100	-
2	TC 135 (200 rpm) II					
	COD	mg/L	5949,9	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/L	689,2	APHA. 2540 D-2005	100	-
3	TC 135 (200 rpm) III					
	COD	mg/L	5945,7	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/L	683,2	APHA. 2540 D-2005	100	-
4	TC 180 (200 rpm) I					
	COD	mg/L	5208,5	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/L	610,8	APHA. 2540 D-2005	100	-
5	TC 180 (300 rpm) II					
	COD	mg/L	5205,1	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/L	616,4	APHA. 2540 D-2005	100	-
6	TC 180 (300 rpm) III					
	COD	mg/L	5207,5	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	300	-
	TSS	mg/L	616	APHA. 2540 D-2005	100	-

Standar Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value fully adopted from

: SK. Gub. No. 45/2002 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau Kegiatan usaha lainnya di Jawa timur



fikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
 Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

*This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from
 Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation*

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation

Lampiran C
Metode Analisa Parameter

Analisa COD

1. Metode

Metode dengan alat spektrofotometri (UV-VIS spektrofotometri 1601).

2. Cara Kerja

2.1. Pelaksanaan Contoh Uji Air :

- a. Lakukan analisa contoh uji air dengan segera, kocok dengan kuat terutama yang mengandung suspense tinggi.
- b. Pipet contoh uji air sebanyak 2,5 ml masukan dalam tabung mikro COD, tambahkan 1,5 ml larutan $K_2Cr_2O_7 - HgSO_4 \pm 0,02 N$ dan tambahkan 3,5 ml $H_2SO_4 - Ag_2SO_4$ Kocok.

2.2. Untuk Blanko lakukan sesuai dengan prosedur masing-masing tersebut diatas dengan menggunakan air suling dimana pelaksanaanya dilakukan sebelum analisa contoh uji air.

2.3. Setelah dilakukan analisa blanko, dilanjutkan dengan analisa larutan standar dengan langkah sesuai 1.1. persyaratan cek standar mengacu pada prosedur metode analisa dan validasi metode (QP/LKA/15)

2.4. Catat konsentrasi hasil analisa tersebut.

2.5. Perhitungan :

Bila konsentrasi tinggi maka dilakukan pengenceran dengan perhitungan :

$$C = A \times F$$

Dimana : $C =$ Konsentrasi COD (Mg/L)

$D =$ Konsentrasi Hasil Pengukuran Pada Spektrofotometri (Mg/L)

$F =$ Faktor Pengenceran

Analisa TSS

1. Metode

Metode Gravimetri

2. Cara Kerja

2.1. Analisa Zat Padat Tersuspensi (TSS/ Total Suspended Solid)

- a. Letakan kertas saring yang sudah diketahui beratnya pada alat penyaringan
- b. Contoh uji air dalam botol dikocok, kemudian masukan sejumlah volume contoh uji ke dalam alat penyaring. Contoh uji yang disaring diperkirakan memiliki konsentrasi residu kering tertimbang antara $\pm 2,5$ s/d 20 mg.
- c. Saring contoh uji (operasikan alat penyaring)
- d. Ambil kertas saring dan letakan di atas cawan yang sudah diketahui berat tetapnya.
- e. Keringkan kertas saring dan cawan tersebut dalam oven pada suhu 103°C-105°C (selama minimal 1 jam)
- f. Dinginkan kertas saring dan cawan dalam desikator hingga suhu ruang.
- g. Timbang dengan timbangan analitik
- h. Ulangi (minimal 1 x) langkah penyaringan, pendinginan dan penimbangan hingga berat tetap (selisih berat tidak lebih dari 4 % atau 0,5 mg)
- i. Catat beratnya dan hitung jumlah zat padat tersuspensi
- j. Perhitungan :

$$\text{Jumlah Zat Padat Tersuspensi} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (l)}}$$

Dimana : A = Berat Cawan, Kertas saring dan residu (g)

 B = Berat kertas saring dan cawan kosong (g)

LEMBAR PERSEMBAHAN

Hanya puja dan puji syukur yang bisa ku ucapakan atas segala Hidayah, Rahmat dan kasih sayang-Nya oleh ALLAH SWT yang selalu memancarkan AR-RAHMAN dan AR-RAHIM-Nya kepada saya sehingga perjalanan Amanah demi menggapai cita-cita ini dapat terselesaikan dengan baik....ALHMADULILLAH....

Ini semua ku persembahkan kepada Seluruh keluargaku, teman-teman, kawan-kawanku, sahabat-sahabatku, dan semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung memberikan sumbangsih yang besar selama ini kepada saya.

For my wonder women in mw life, Ibuku tersayang yang tak pernah letih mencurahkan kasih sayang dan cintanya yang tulus kepadaku dengan tak pernah mengenal siang dan malam demi memperjuangkan anak2nya mendapatkan pendidikan yang layak...Thanks Ma....kerja kerasmu berakhir sudah...Kini gantian Kita yang akan selalu memastikan Mama akan dapatkan buah yang Maniez hasil dari kerja keras Mama.....

Bibi, om jemi dan kakaq tersayang,,,thanks atas segala dukungan moril dan materi selama ini,,,aq tak akan sampai disini kalau bukan dukungan dari kalian semua...

For TL-06 >> Alhamdullilah perjuangan kita selama ini berbuah maniez,,, walaupun cita-cita kita untuk dapat lulus bersama belum bisa kita wujudkan. Sedih, senang, tertawa, menangis telah kita lalui bersama. Jaga selalu persaudaraan ini, perjalanan dan kenangan indah bersama kalian akan menjadi memori yang tak pernah terlupakan.

FOR:

IVA....terima kasih ya,,,gk terasa kita udah nyampe pada tahap akhir, terima kasih atas segala dukungannya selama ini,,,jangan patah semangat, haruz tetap berjuang..SEMANGAT

AMANK,maaph ya sodara qt duluan,,,terima kasih atas segala dukungan motor, pinjam uang, pinjam baju....hehe.....SEMANGAT,,periode depan harus lulus...jng talalu bakurung lagi,,,Wkwkwkwk...

DODOT N FARUQ....SOLIDARITAS kalian tak akan pernah terganti.....stop sudah yang Nakal2 tuch,,,FOKUS sekarang untuk kuliah demi masa depan kita,,

SUKMA....SEMANGAT IBU....Kerja Keras ngn akan berujung Indah suatu saat nanti....

CACA, SALMA, VIKA N AYU.....akhirnya kita bisa lulus bersama,,,caca Ndut, terima kasih kawan atas semangat dan selalu ngajarin kita selama ini,,walupun kadang jengkelin..hehee....Salma alus, keajaiban akan datang ketika berusaha tanpa mengenal lelah, ingat itu selalu dalam hidup. Vika Ndut, jngn terlalu banyak makan, Kalau kawin undang2 e, makasih sudah menjadi bank hidup selama ini. He...AYU...namanya az yg ayu, tapi orangnya tomboy habiz,,,makasih udah mau bantuin n ngajarin yang aq gk ngrti,,walupun kadang gk ngerti slx suaranya gk kedengaran....hehehe.....

FOR TL 08. Riza, endra, uky, irul n bornez dkk, makasih ya udah bantuin ngambil limbah capek2 hujan2nan lgi,,,terima kasih atas bantuanya. Tetap berproses dan berkembang lebah baik lagi.

Special thanks for my special someone ^pelangiku^...terima kasih atas segala dukungannya selama ini. I hopes can ending with U.

Dan yang terakhir untuk HMI ITN MALANG khususnya komisariat Jabal Thareeq, saya tak akan seperti ini kalau saya tidak berproses di HM. Idealisme, nilai2 moral yang ditanamkan selama ini akan menjadi bekal dalam kehidupan yang akan datang.